Se folosesc pentru impedanţele ciclice următoarele valori numerice medii, în unităţi relative, raportate la mărimile nominale :

$$Z_d = 12{,}5\ \% \qquad Z_d = x_d''$$

$$Z_i = 14{,}5\ \% \qquad Z_i = \frac{1}{2}\,(x_d'' + x_q'');$$

$$Z_h = 5\ \% \qquad Z_h = (0{,}15 \div 0{,}60)\,x_d'';$$

Se găsesc următoarele valori :

$$Z_p = 10{,}6\,\%$$

$$Z_m = 2{,}9\,\% \qquad (-\,2{,}83 - j\,0{,}58)\,\%$$

$$Z_n = 2{,}9\,\% \qquad (-\,2{,}83 + j\,0{,}58)\,\%$$

Pentru un *element static* (linie de transport) :

$$Z_p = \frac{2}{3}\,Z_d + \frac{1}{3}\,Z_h \qquad Z_m = \frac{1}{3}\,Z_d + \frac{1}{3}\,Z_h.$$

Calculînd pentru valorile pe unitate de lungime :

$$x_d = 0{,}4\ \Omega/\text{km}$$

$$x_h = 1{,}4\ \Omega/\text{km},$$

se obţine în modul

$$Z_p = 0{,}73\ \Omega/\text{km}$$

$$Z_m = 0{,}33\ \Omega/\text{km}$$

Bibliografie

[1] Lyon, V. *Analiz perehodnih profesov v elektriceskih maşinah peremenogo toka.* Gosenergoizdat, 1958, cap. 3, p. 61.

[2] Aitken, A. C. *Determinants and Matrices.* Oliver and Boyd — Londra, ed. a II-a, 1942.

[3] Blondel, A. *Sur l'étude directe des systèmes tryphasés déséquilibrés au moyen d'impédances et admittances mutuelles de phases dans des problèmes de chutes de tensions et mis en court circuit.* R.G.E. 29 (1931), 3 ian., p. 3—11; 10 ian., p. 54—63; 17 ian., p. 90—100.

Lefordítva
Y14119/64

Probleme de proiectare a instalaţiilor de iluminat public din pieţe şi intersecţii

CRISTIAN VÎLCIU* şi GEORGETA IONIŢĂ**

Dezvoltarea intensă în ţara noastră a industriei, ridicarea continuă a nivelului cultural şi de trai al oamenilor muncii, construcţia a numeroase blocuri de locuinţe în oraşe şi cvartale nou sistematizate, dotate cu frumoase ansambluri arhitectonice formate din clădiri, artere foarte largi (40—100 m între fronturi), spaţii pentru parcarea autovehiculelor, pieţe, spaţii verzi, spaţii de jocuri pentru copii, fac ca alegerea unei soluţii corespunzătoare din punct de vedere tehnic şi avantajoasă din punct de vedere economic la proiectarea instalaţiilor de iluminat public să aibă o deosebită importanţă.

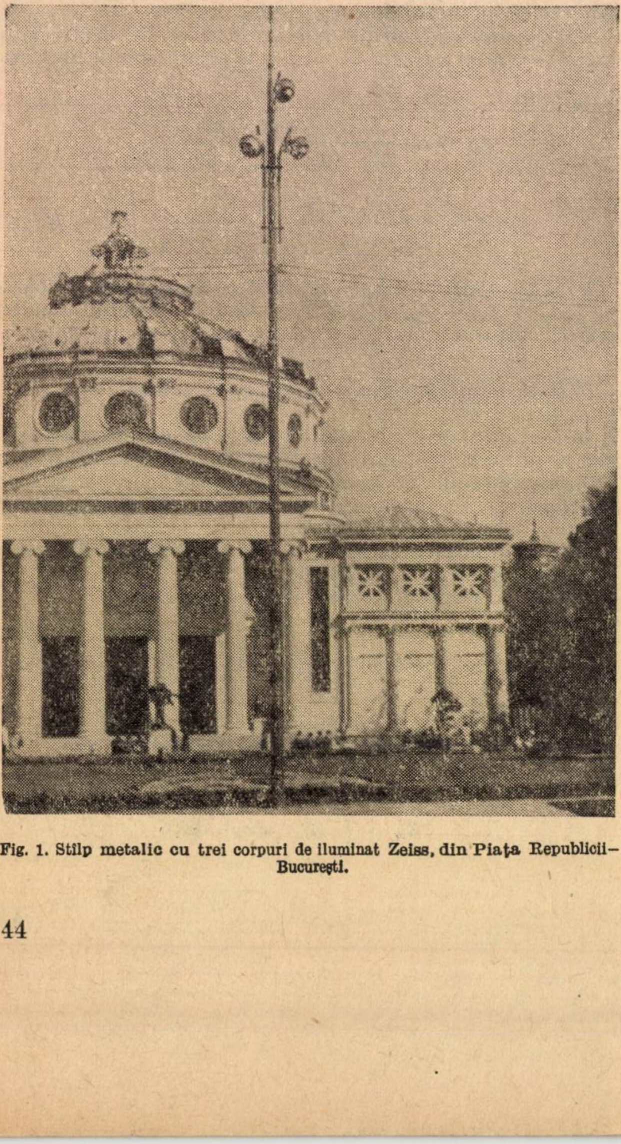


Fig. 1. Stîlp metalic cu trei corpuri de iluminat Zeiss, din Piaţa Republicii—Bucureşti.

Una din problemele cele mai dificile pe care o au de rezolvat proiectanţii instalaţiilor de iluminat public este aceea a amenajării corecte din punct de vedere lumino-tehnic a pieţelor şi a locurilor de intersecţie cu circulaţie intensă, din cauza necesităţii obţinerii unui nivel ridicat de iluminare în spaţii cu forme variate şi dimensiuni mari.

Ţinînd seamă de faptul că instalaţiile de iluminat exterior au rolul de a mări siguranţa circulaţiei în timpul nopţii şi de a pune în valoare aspectul urbanistic al unui oraş, alegerea unei soluţii de iluminat se efectuează după stabilirea şi compararea unor elemente determinante : nivelul de iluminare, tipul sursei luminoase, tipul corpului de iluminat, dispoziţia surselor, tipul suporţilor şi felul reţelei de alimentare.

Scopul acestui material este de a prezenta aspectele tehnico-economice şi metoda de calcul privind proiectarea instalaţiilor de iluminat din pieţe.

1. Iluminatul pieţelor din Capitală. Situaţia existentă

În ansamblul urbanistic, oraşul Bucureşti are numeroase pieţe : Piaţa Universităţii, Piaţa Victoriei, Piaţa Republicii, Piaţa Aviatorilor, Piaţa Scînteii, Piaţa C.S.P., Piaţa Kogălniceanu, Piaţa Romană etc.

Forma şi dimensiunile pieţelor sînt variate : circulară, în cazul : Pieţei Aviatorilor, Pieţei Scînteii, Pieţei Romane, Pieţei Kogălniceanu, dreptunghiulară sau trapezoidală, cum sînt : Piaţa Universităţii, Piaţa Victoriei, Piaţa Republicii.

Caracteristic acestor pieţe este faptul că în interiorul lor sînt situate obiecte arhitectonice : clădiri, fîntîni arteziene, statui, care necesită studii de iluminat deosebite.

În acest caz, la rezolvarea iluminatului pieţei a trebuit îmbinată soluţia de iluminare a suprafeţei carosabile cu iluminarea festivă a monumentelor arhitectonice, astfel încît efectul produs de întregul ansamblu să formeze o impresie unitară.

Pentru iluminatul pieţelor oraşului Bucureşti s-au folosit lămpi cu vapori de mercur de 400 W, montate în corpuri de iluminat tip C 300, Zeiss şi tip închis. Pentru realizarea unor iluminări corespunzătoare cu ajutorul acestor surse luminoase, a fost necesară concentrarea pe un stîlp a unui

---

* Ing. Cr. Vîlciu este director general al IDEB.

** G. Ioniţă este inginer principal la IDEB.

Tabela 1

Caracteristici constructive și luminotehnice ale instalațiilor de iluminat public din principalele piețe ale orașului București

1. Nr. crt.	2. Denumirea pieței	3) Caracteristici constr. ale pieței					12. Caracteristici constructive ale instalației de iluminat											30 Circulație	32 Caracteristici luminotehnice			33. Observații
		4. Dimensiuni			8 Acoperămînt		13. surse luminoase			18. corpuri de iluminat					24. Suporți							
		5 diam.	6 lung	7 lăț.	9. în-chis	10 des-chis	14. tipul	15 nr. surse pe corp ilum.	16. putere	19 tipul	20 în-chis	21. des-chis	22 nr. corp ilum. pe stîlp	23) înălțimea mont., m	25 felul suportului	26 înălțimea m	27. distanța medie m		E_{min} lx	E_{med} lx	E_{max} lx	
1	Piața Aviatorilor	200	—	—	11. da	—	17 Baloane vapori Hg	1	400 W	NG 300	—	11. da	2 3	12	28 metal	12,5	28	31 intensă	0	8	20	34. Centrul pieței neiluminat
2	Piața Universității	—	230	60	da	—	Baloane vapori Hg	1	400 W	NG 300	—	da	5	13	metal	13,5	25	intensă	4	3	40	35 Centrul pieței iluminat corespunzător
3	Piața Republicii	—	300	120	da	—	Baloane vapori Hg	2	400 W	Zeiss	—	da	3	13	metal	13,5	28	intensă	4	18	45	35 Centrul pieței iluminat corespunzător
4	Piața Victoriei	—	320	120	da	—	Baloane vapori Hg	1	400 W	NG 300	—	da	6	14	29. beton	15	40	intensă	0	10	35	34. Centrul pieței neiluminat

număr relativ mare de corpuri de iluminat. Astfel, în Piața Universității și Piața Aviatorilor sînt montate cîte cinci corpuri de iluminat pe stîlp, iar în Piața Republicii cîte trei corpuri de iluminat cu reflector interior oglindat, cunoscute sub denumirea Zeiss (fiecare cu două surse în interior). Înălțimea de montare a surselor luminoase, pentru piețele din orașul București, este cuprinsă între 11 și 14 m, iar distanța între surse variază de la 25 la 40 m. Stîlpii sînt în majoritate metalici, cu excepția celor din Piața Victoriei, care sînt de beton, avînd o construcție specială.

Principalele caracteristici ale instalațiilor de iluminat din cîteva piețe ale orașului București sînt redate în tabela 1.

2. Elemente de proiectare a instalațiilor pentru iluminatul piețelor

a) *Nivel de iluminare*

Calitatea unei instalații de iluminat exterior este determinată de mai mulți factori, dintre care enumerăm: nivelul și uniformitatea iluminării și strălucirii și limitarea efectului de orbire.

Pentru arterele de circulație, în urma efectuării a numeroase încercări practice și de laborator, s-au stabilit condițiile necesare unei bune vizibilități, prin determinarea iluminării necesare pe artere, astfel încît aceasta să asigure siguranța traficului nocturn și să nu conducă la cheltuieli exagerate. La efectuarea acestor încercări s-au luat ca valori limită

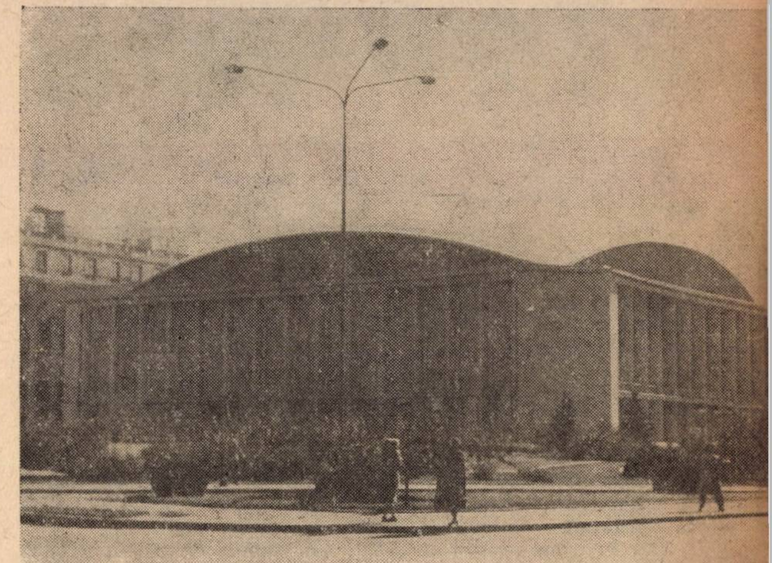
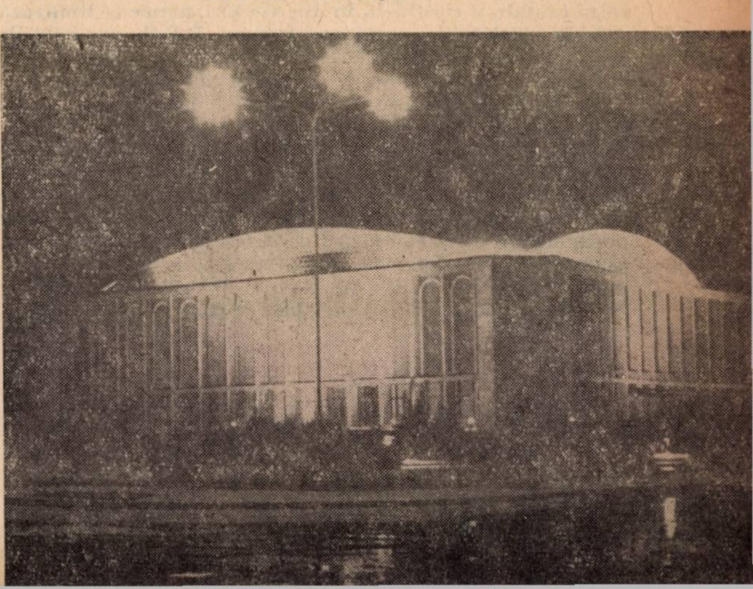


Fig. 2. Aspect de zi al unui stîlp cu trei brațe din Piața Sălii Congreselor — București.

Fig. 3. Aspect de noapte al unui stîlp cu trei brațe din Piața Sălii Congreselor — București.



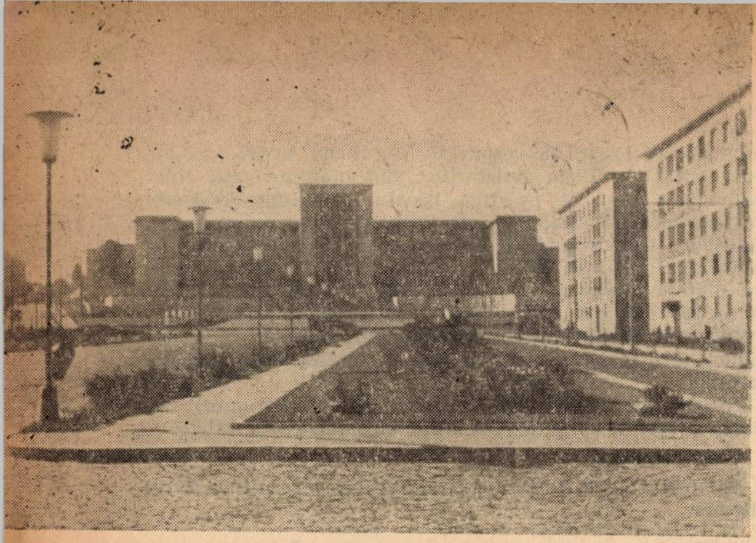
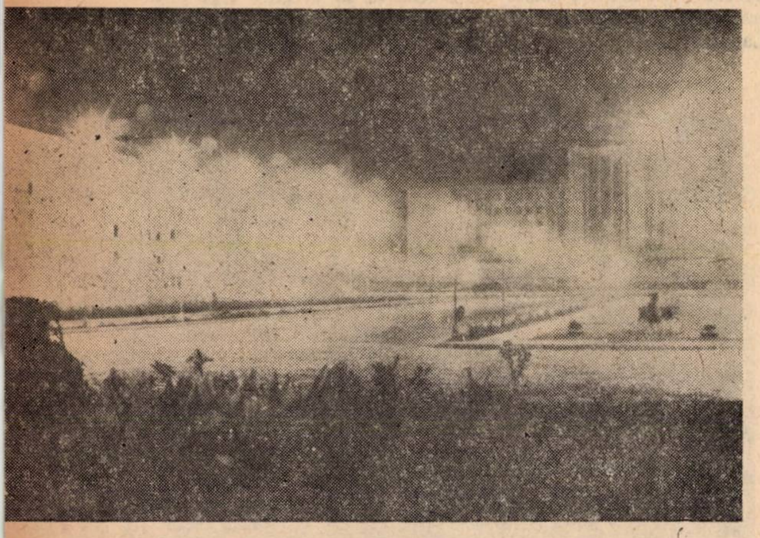


Fig. 4. Aspect de zi al instalației de iluminat din Piața Academiei Militare—București.

Fig. 5. Aspect de noapte al instalației de iluminat din Piața Academiei Militare – București.



iluminările oferite de condițiile naturale (limita minimă — iluminarea existentă într-o noapte cu lună plină și limita maximă — iluminarea oferită de lumina zilei).

În urma acestor cercetări s-a stabilit că pentru o bună vizibilitate este necesar ca valoarea minimă a strălucirii medii a îmbrăcăminții șoselei să fie 2 cd/m^2. La o repartizare corespunzătoare a fluxului luminos, pentru a atinge acest nivel, la șosele obișnuite, este necesară o iluminare medie de 20 lx.

Plecînd de la aceste date, în funcție de condițiile specifice pentru fiecare caz (intensitatea circulației, viteză de circulație admisă etc.), s-au stabilit, făcîndu-se un compromis între calitate și cheltuieli, în diferite țări, norme ce limitează valoric nivelele de iluminare (pentru R.P.R. prescripțiile 23—61, elaborate de M.M.E.E.—D.E.E.). În tabela 2 sînt redate nivelele de iluminare a piețelor din cîteva țări.

La intersecții se prevede ca nivelul de iluminare să fie mărit, pentru a se asigura o bună iluminare a acestora. Pentru noduri de circulație importante se recomandă ca iluminarea să se mărească cu 100% față de aceea realizată pe strada cea mai bine iluminată din intersecție. Nivelul de iluminare a piețelor mari trebuie să fie cel puțin egal cu nivelul de iluminare a fiecărei străzi ce debușează în piață. Ținînd seamă de faptul că pentru artere importante, normele R.P.R. prevăd ca valorile minime ale iluminării medii să fie cuprinse între 8 și 15 lx, precum și de faptul că pentru artere deosebit de importante se poate ridica nivelul de iluminare din norme cu cel puțin 50%, putem spune că iluminările medii din piețe și intersecții pot ajunge la valori cuprinse între 12 și 40 lx. De asemenea, la aceste obiective trebuie îndeplinită și condiția de uniformitate $\left(\text{coef. } K_1 = \frac{E_{min}}{E_{med}} \leqslant \frac{1}{3}\right)$.

În ceea ce privește efectul de orbire, s-a constatat că, pentru corpuri de iluminat corect ecranate, orbirea nu este supărătoare atunci cînd nivelul de strălucire și iluminare este de 2 cd/m^2, respectiv 20 lx, limită stabilită din încercările efectuate asupra condițiilor unei bune vizibilități. În cazul piețelor, unde nivelul de iluminare poate depăși 20 lx, este necesar să se ia măsuri speciale pentru limitarea efectului de orbire, prin mărirea înălțimii de montare a surselor luminoase și prin alegerea unor corpuri de iluminat corespunzătoare. Figura 10 arată influența construcției și a înălțimii de montare a corpului de iluminat pentru limitarea orbirii. Caracteristicile corpurilor de iluminat pentru care s-au trasat aceste curbe sînt arătate în figurile 6, 7, 8, 9, 10.

Tabela 2

Normele de iluminare pentru piețe din diferite țări

Nr. crt.	Tuipl pieței	Denumirea normei	Iluminare recomandată, lx	
			acoperămîntul străzii fiind de culoare	
			deschisă	închisă
1	Circulație intensă	R.P.R.	12÷18	22÷ 40
2	Circulație intensă	R.P.R.	8÷12	10÷ 22
3	Circulație intensă	R.P.R. perspect. viitor	25÷50	50÷100
4	Circulație intensă	U.R.S.S. 1958	10	—
5	Circulație intensă	Franța	15	30
6	Circulație intensă	R.F.G.	12	24

Perceperea unei stări de jenă datorită fenomenului de orbire este determinată de:

— iluminarea E, pe care un izvor de lumină o provoacă la nivelul ochilor observatorului;

— strălucirea medie B a cîmpului vizual al observatorului (în special strălucirea medie a îmbrăcăminții șoselei);

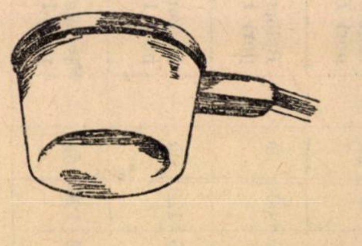


Fig. 6. Corp de iluminat cu refractor de sticlă prevăzut cu o lampă cu vapori de mercur de 400 W.

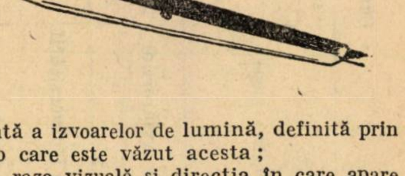


Fig. 7. Corp de iluminat deschis pentru două lămpi cu vapori de sodiu de 140 W.

— mărimea aparentă a izvoarelor de lumină, definită prin unghiul solid ω, sub care este văzut acesta;

— unghiul θ între raza vizuală și direcția în care apare izvorul luminos. În general, iluminarea pe retina ochiului poate fi exprimată prin funcția:

$$E = f(B, \theta, \omega). \quad (1)$$

Relaţia între cele trei variabile ale funcţiei arătate este reprezentată grafic în curbele din figura 11.

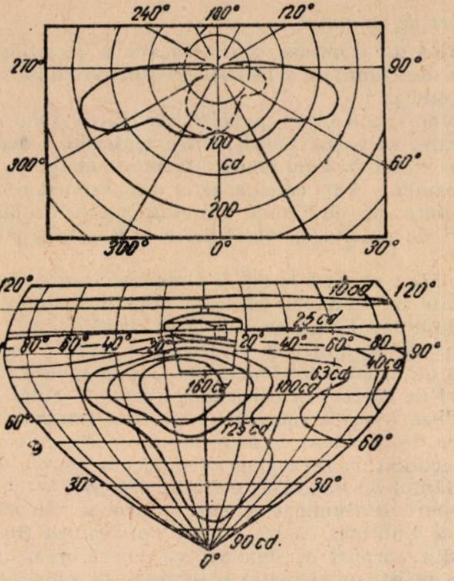


Fig. 8. Repartiţia intensităţii luminoase a corpului de iluminat cu refractor din figura 6, raportată la $\Phi = 1000$ lm. În jumătatea de sus sînt date curbele polare ale intensităţilor luminoase măsurate în planul meridian al intensităţilor luminoase maxime (linie continuă) şi în planul meridian perpendicular pe axul străzii (linie întreruptă). În partea de jos sînt date curbele izocandele.

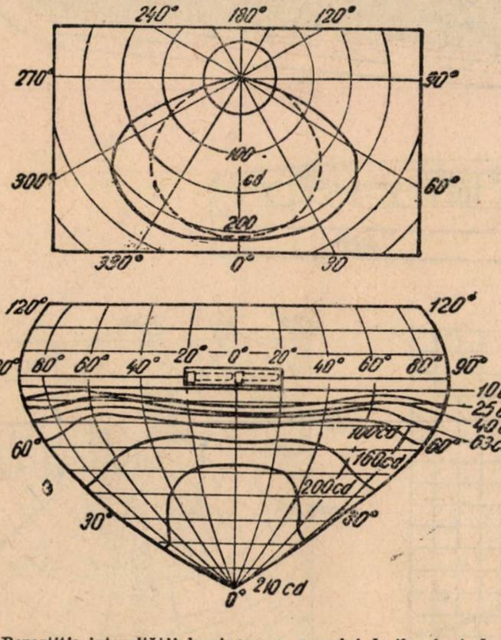


Fig. 9. Repartiţia intensităţii luminoase a corpului de iluminat deschis din figura 7, raportată la $\Phi = 1000$ lm.

Pentru aprecierea orbirii se utilizează şi noţiunea de „coeficient de orbire", definit prin relaţia :

$$S = \frac{B_s}{B},$$

unde :

B_s este strălucirea în cîmpul de observaţie în prezenţa sursei ;

B — strălucirea în cîmpul de observaţie fără prezenţa sursei (sursa ecranată).

Formulele de calcul pentru stabilirea coeficientului de orbire S în funcţie de elementele ce-l influenţează şi pentru diverse surse luminoase sînt :

a) Pentru surse luminoase cu strălucirea $\leqslant 100$ sb :

$$S = 1 + (3 \lg B + 3{,}46) \frac{0{,}305 \; I \cdot 10^{-3}}{H^2 (B_\Phi \, 10^4 + 0{,}207)} \cdot \qquad (2)$$

b) Pentru surse cu strălucire > 100 sb :

$$S = 1 + \frac{2{,}88 \; I \cdot 10^{-3}}{H^2 (B_\Phi \, 10^4 + 0{,}207)} \; ; \qquad (3)$$

en această formulă :

I reprezintă intensitatea luminoasă în direcţia de observaţie, cd,

B — strălucirea sursei, sb ;

H — înălţimea de montare a aparatului, m ;

B_Φ — strălucirea fondului, sb.

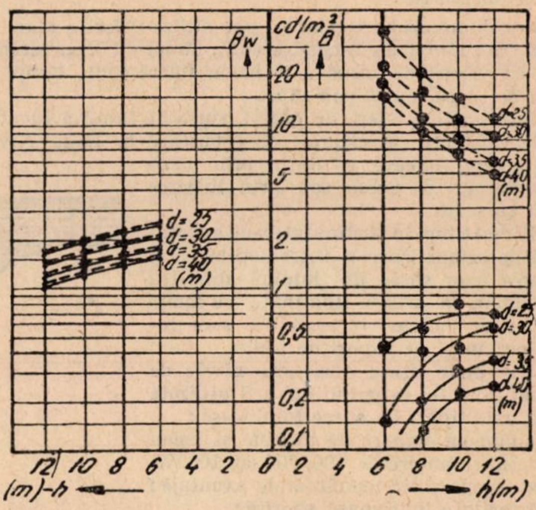


Fig. 10. Curbele reprezintă dependenţa lui B_w şi B_n de distanţa medie dintre surse d şi înălţimea de montare a corpului de iluminat H : B_w – valoarea reală a strălucirii îmbrăcăminţii străzii ; B_n – valoarea necesară a strălucirii îmbrăcăminţii străzii pentru a nu se produce fenomenul de orbire. Curbele trasate cu linie întreruptă sînt valabile pentru corpul de iluminat din figura 6, iar curbele cu linie continuă pentru corpul de iluminat din figura 7. Curbele s-au trasat pentru o stradă de 10 m lăţime, asfaltată, cu instalaţie de iluminat pe ambele părţi ale străzii în zig-zag.

Orbirea nu este considerată ca supărătoare dacă $S \leqslant 4$.

S-a dovedit a fi util în practica de proiectare ca, avînd stabilită iluminarea necesară şi aparatul de iluminat, să se determine înălţimea H de montare a sursei, astfel încît coeficientul de orbire să se menţină în limitele admisibile.

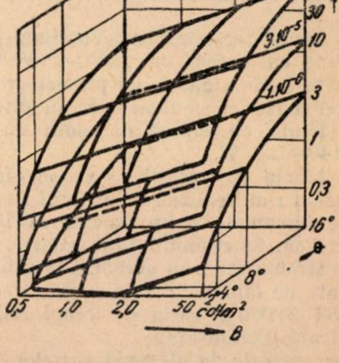


Fig. 11. Iluminarea la nivelul ochilor observatorului E(lx) produsă de un singur izvor luminos în funcţie de strălucirea medie a îmbrăcăminţii străzii B, unghiul θ (grade) între linia ochi-lumină şi planul orizontal pentru diferite valori ale unghiului solid w (sty) sub care este văzut izvorul de lumină.

optimális fénypontmagasság

Pentru aceasta se folosește relația :

$$H = \sqrt{\frac{2{,}88\ I_{max} \cdot 10^{-3}}{(S-1)\,(B_{\Phi}\ 10^{4} + 0{,}207)}}, \qquad (4)$$

unde :

H este înălțimea de montare a sursei, m;

S — coeficient de orbire (valoare maximă admisibilă $S = 4$);

I_{max} — intensitatea luminoasă maximă a corpului de iluminat utilizat (se determină din curba fotometrică), cd;

B_{Φ} — strălucirea admisă de adaptare a fondului, care se determină cu relația :

$$B_{\Phi} = \frac{E \cdot \rho}{\pi \cdot 10^{4}}, \qquad (5)$$

în care

E este iluminarea propusă a se realiza, lx;

ρ — coeficient de reflexie a îmbrăcăminții pieței.

b) *Surse luminoase*

Pentru iluminatul exterior se pot utiliza diferite surse de lumină, ca : lămpi cu incandescență, lămpi cu fluorescență, lămpi cu vapori de mercur și balon fluorescent, lămpi cu vapori de sodiu, cu xenon etc.

La intersecții se aleg, de obicei, surse de lumină identice cu cele existente pe arterele ce debușează în nod. Nivele de iluminare ridicate se obțin prin mărirea numărului de surse sau prin mărirea puterii surselor.

În ultimul timp, în străinătate s-au adoptat soluții de semnalizare a intersecțiilor prin utilizarea unor surse de lumină diferite : de exemplu, la artere iluminate cu lămpi cu vapori de mercur, intersecțiile s-au iluminat cu lămpi cu vapori de sodiu.

Pentru piețe fiind necesare nivele de iluminat ridicate, este indicat a fi utilizate următoarele tipuri de surse luminoase :

— Lămpi cu vapori de mercur și balon fluorescent cu putere de 400, 700 sau 1000W.

Acestea reprezintă următoarele avantaje :

— eficacitate luminoasă sporită;

— dimensiuni relativ reduse, ceea ce permite concentrarea fluxului luminos și dirijarea lui;

— durată de viață ridicată (circa 5000 ore);

— permit a se realiza străluciri uniforme.

Dezavantajele acestor lămpi sînt : sensibilitate relativ mare la variații de tensiune, ele deconectîndu-se la circa 80 % din tensiunea nominală; spectru bogat în radiații verzi, ceea ce conduce la o modificare a culorilor. Dimensionarea corectă a rețelelor de alimentare și utilizarea unor corpuri de iluminat complexe, care să permită combinarea lămpilor cu vapori de mercur cu lămpile incandescente, elimină aceste dezavantaje.

— Lămpi incandescente cu filament concentrat cu puteri de 1000—1500 W sînt folosite la iluminatul cu proiectoare, unde se cer surse concentrate, și nu difuze.

— Lămpi cu vapori de sodiu cu puteri de 140—200 W.

— Lămpi cu vapori de xenon. În acest domeniu s-au realizat în ultimul timp progrese însemnate prin executarea lămpilor cu xenon, funcționînd fără balast.

În străinătate s-au elaborat în ultimii ani construcții interesante de lămpi cu vapori de xenon, ca : lampa sovietică DKST 20 000 și seria de lămpi XQO de la 6 la 65 kW de fabricație Osram etc.

În concluzie, la alegerea surselor de lumină care urmează a se monta într-o instalație se va ține seamă de următoarele :

— caracteristicile pieței;

— nivelul de iluminare necesar a se realiza;

— corpurile de iluminat care ne stau la dispoziție;

— concluziile unui calcul tehnico-economic.

c) *Corpuri de iluminat*

Corpurile de iluminat care urmează a se utiliza într-o instalație de iluminat a piețelor trebuie să satisfacă următoarele condiții :

— lumino-tehnice : să permită instalarea unui flux luminos mare, să permită distribuirea uniformă a acestuia pe suprafața pieței și să nu producă fenomen de orbire;

— mecanice : să fie corespunzător dimensionat pentru solicitările date de presiunea vîntului, sarcini suplimentare (depuneri de chiciură), vibrațiile la care este supus stîlpul etc.;

— estetice : să aibă formă și dimensiuni corespunzătoare.

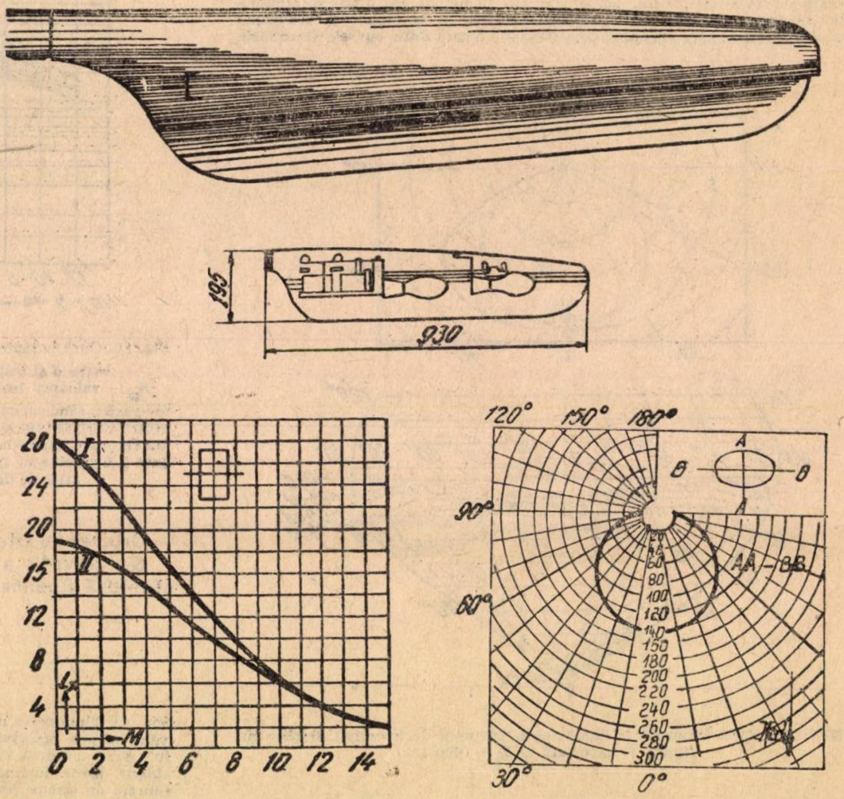
Corpurile de iluminat fabricate pînă în prezent, folosite pentru iluminatul piețelor, sînt următoarele :

a) Corp de iluminat în care, într-o carcasă analogă ca formă cu cea a lămpilor fluorescente, se montează trei lămpi cu vapori de mercur și balon fluorescent de puteri diferite, realizîndu-se o mare concentrare de flux luminos (fig. 12).

b) Corp de iluminat de mare suprafață tip ciupercă, care poate fi echipat cu 1—2 lămpi cu vapori de mercur de 400 W și două lămpi cu vapori de sodiu de 140 W.

c) Corpuri de iluminat complexe, formate din mai multe corpuri de iluminat simple. Ansamblul realizat (fig. 13) este format din corpuri de iluminat cu reflectoare de aluminiu protejate printr-un refractor și echipate de obicei cu cîte o lampă cu vapori de mercur și balon fluorescent de 400 W; șase asemenea corpuri de iluminat au fost montate pe un inel de aluminiu special construit, atît pentru fixarea armăturilor cît și pentru prinderea bobinelor de șoc. Într-un astfel de ansamblu se găsește concentrată o putere de 2 400 W.

Tipuri de corpuri de iluminat folosite pentru iluminatul piețelor sînt redate și în figurile 14, 15, 16, 17.



A B

Fig. 12. Corp de iluminat pentru trei lămpi cu vapori de mercur :
A. *I* — înălțime de montare 9 m; *II* — înălțime de montare 10 m; *B* — curbă fotometrică redusă pentru $\Phi = 1000$ lm.

La iluminatul pieţelor, un rol important îl ocupă proiectoarele, acestea reprezentînd avantajul utilizării unor surse luminoase puternice şi al unei curbe fotometrice, din care se pot obţine iluminări mari pe axa perpendiculară pe proiector.

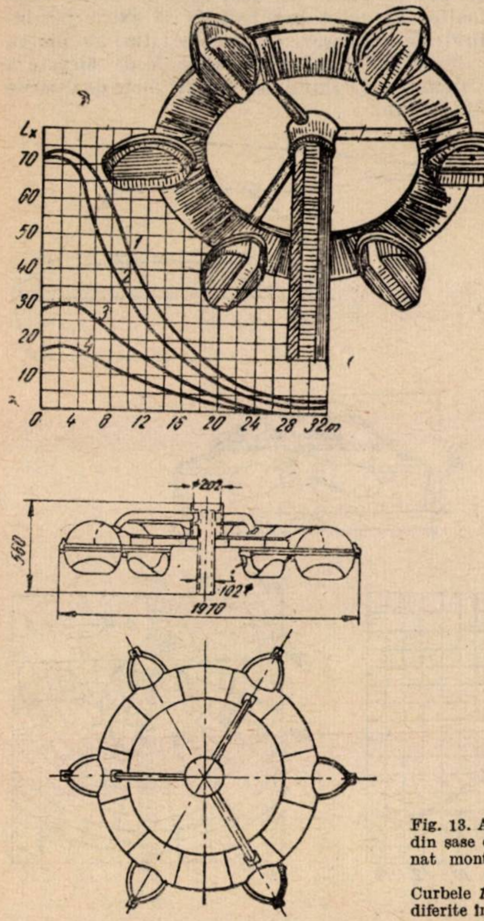
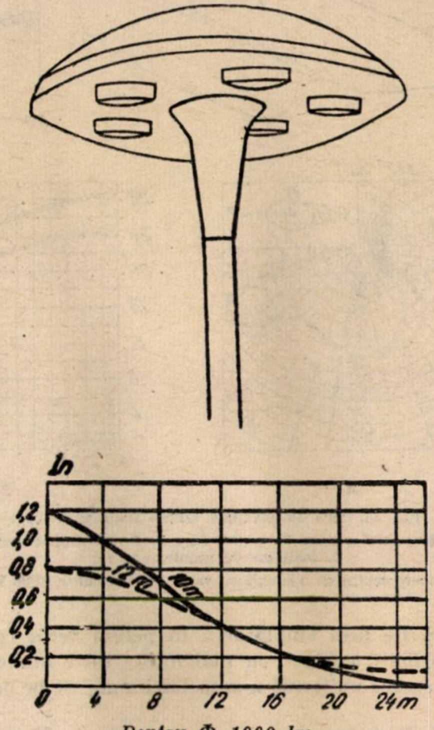


Fig. 13. Ansamblu format din şase corpuri de iluminat montate pe un inel metalic:
Curbele 1, 2, 3, 4, pentru diferite înălţimi de montare.

Pentru iluminatul pieţelor se recomandă utilizarea proiectoarelor cu repartiţie concentrată şi medie a fluxului luminos.

În tabela 3 sînt prezentate unele indicaţii privind alegerea corpurilor de iluminat la proiectarea unei instalaţii de iluminat în pieţe.



Pentru Φ 1000 lm

Fig. 14. Corp de iluminat Schanzenbach. Se poate echipa cu cinci lămpi cu vapori de mercur de 500 W.

d) *Sistemul de iluminat* (dispoziţia surselor)

La alegerea sistemului de iluminat al unei pieţe trebuie să se ţină seamă de forma şi dimensiunile acesteia.

Tabela 3

Alegerea corpurilor de iluminat la instalaţiile de iluminat din pieţe

1. Nr. crt.	2. Tipul pieţei	7. Caracteristici recomandate ale corpurilor de iluminat									16. Observaţii
		8. Repartiţia fluxului luminos		11. Forma constructivă				15 Surse de lumină			
		9 simetrică	10 asimetrică	12. închis	13. deschis	14 complexe		LI	LVM	Lxenon	
						3CI	>3CI				
1	3. Piaţă cu circulaţie intensă şi diametru sau lăţime maximă pînă la 35 m	2	1	1	2	1	—	—	1	—	
2	4. Piaţă cu circulaţie intensă şi diametru sau lăţime maximă pînă la 50 m	—	1	1	2	2	1	—	1	—	
3	5 Piaţă cu circulaţie intensă şi diametru sau lăţime maximă pînă la 100 m	—	1	1	1	—	1	1	2	1	17. Lampa incandescentă se va utiliza în proiectoare
4	6. Piaţă cu circulaţie intensă şi diametru sau lăţime maximă peste 100 m	—	1	1	1	—	1	1	2	1	17. Lampa incandescentă se va utiliza în proiectoare

18. 1. Soluţie recomandabilă.
19 2. Soluţie utilizată dacă nu se poate realiza soluţia 1.

— Dacă diametrul pieței este mai mic de 35 m și piața prezintă peluză verde centrală, se pot obține iluminări corespunzătoare fie prin amplasarea în peluza verde centrală a unui stîlp înalt, echipat cu mai multe surse luminoase, fie prin amplasarea uniformă a surselor luminoase pe perimetrul pieței.

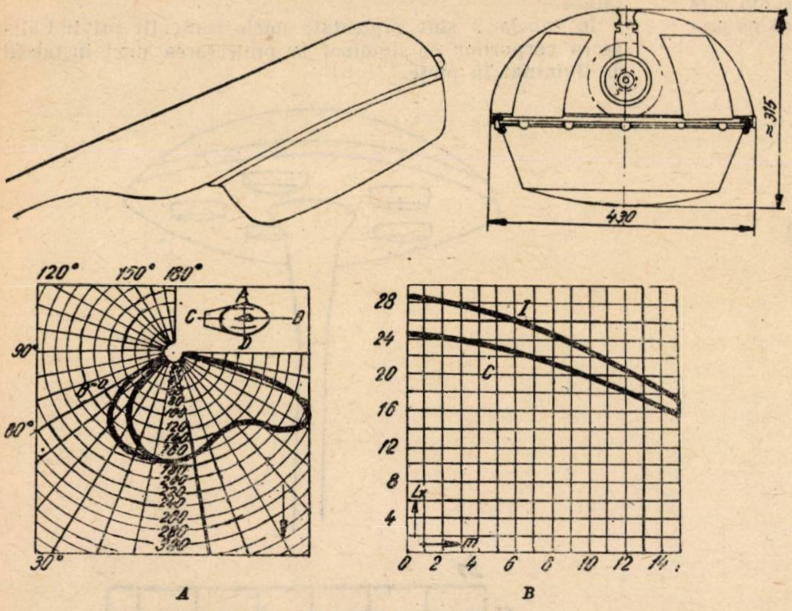


Fig. 15. Corp de iluminat QPSG (Catalog Disco):
A—curbă fotometrică pentru Φ = 1000 lm; B. 1—înălțime de montare 9 m; 2—înălțime de montare 11 m.
Se poate echipa cu o lampă cu vapori de mercur de 1000 W.

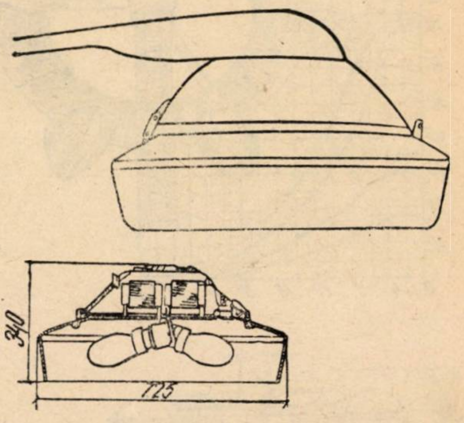
— Dacă diametrul pieței este mai mic de 50 m și dacă piața prezintă peluză verde centrală, se utilizează de obicei surse luminoase amplasate pe perimetru și surse luminoase amplasate în peluza centrală. Dacă pe peluza centrală se poate obține (cu sursele amplasate pe circumferința pieței) o iluminare egală cu 1/3 din iluminarea perimetrului pieței, se poate renunța la montarea surselor în această peluză.

— Dacă diametrul pieței este mai mic de 100 m și dacă piața prezintă peluză verde centrală, este necesar a se monta surse luminoase și pe perimetru și în peluză.

În cazul cînd piața nu este prevăzută cu peluză verde centrală, se pot folosi, în locul corpurilor de iluminat obișnuite, proiectoare.

Această soluție se poate adopta numai pentru piețe neplantate. Bateriile de proiectoare se pot amplasa pe acoperișurile caselor mai înalte. În acest caz trebuie să existe posibilități de amplasare pe ambele laturi ale pieței.

Tabela 4 sintetizează criteriile de alegere a sistemului de iluminat pentru piețe de diferite dimensiuni.



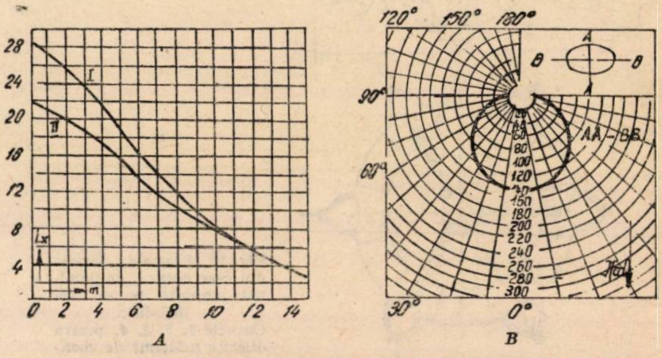


Fig. 16. Corp de iluminat ULD (Catalog Disco):
A 1— înălțime de montare H=10.5 m; 2 — înălțime de montare H =12 m;
B—curba fotometrică pentru Φ=1000 lm.
Se poate utiliza pentru două lămpi cu vapori de mercur de 700 sau 1000 W.

Alegerea sistemului de iluminat la instalațiile de iluminat din piețe *Tabela 4*

1. Nr. crt.	2. Tipul pieței	7. Soluții posibile				
		8. Surse amplasate pe perimetrul pieței	9. Surse amplasate în peluza centrală	10. Surse pe perimetrul pieței și surse în peluza centrală	11. Iluminat cu baterii de proiectoare	12. Iluminat cu lămpi cu xenon de mare putere amplasate central
1	3. Piață cu circulație intensă și diametru sau lățime maximă pînă la 35 m	1	2	—	—	—
2	4. Piață cu circulație intensă și diametru sau lățime maximă pînă la 50 m	2	—	1	—	—
3	5. Piață cu circulație intensă și diametru sau lățime maximă pînă la 100 m	—	—	1	1	3
4	6. Piața cu circulație intensă și diametru sau lățime peste 100 m	—	—	2	1	1

13. 1. Soluție recomandabilă.
14. 2. Soluție utilizabilă dacă nu se poate realiza soluția 1.
15. 3. Soluție recomandabilă în viitor.

Înălțimea suporților corpurilor de iluminat dintr-o piață se va alege cel puțin egală cu înălțimea stîlpilor de pe artera cea mai importantă care debușează în piață. De altfel, înălțimea mare de montare a surselor luminoase rezultă și din necesitatea obținerii unor iluminări uniforme și pentru evitarea efectului de orbire. Astfel, pentru piețe mari se pot utiliza stîlpi de 12, 14 m înălțime sau chiar mai înalți.

La iluminatul piețelor se recomandă ca unghiul de înclinare față de verticală a corpului de iluminat să fie de circa 36°.

La iluminatul cu proiectoare, înălțimea de montare trebuie să fie cel puțin egală cu 1/3 din diametrul pieței.

La intersecții, pentru iluminarea corectă a acestora, se recomandă ca sursele luminoase să nu fie amplasate în intersecție, ci în apropierea ei pe străzile adiacente.

La intersecția unei străzi principale cu una secundară, sursele luminoase se amplasează pe strada principală în fața străzii secundare (fig. 18).

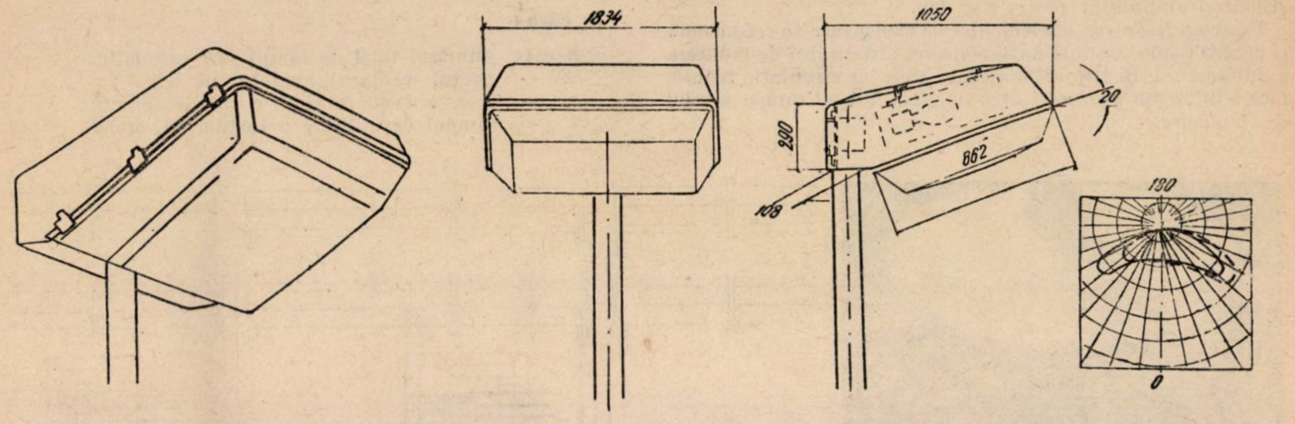


Fig. 17. Corp de iluminat (Catalog OSRAM). Se poate echipa cu două lămpi cu vapori de mercur de 700 W. Prezintă distribuție asimetrică a fluxului luminos.

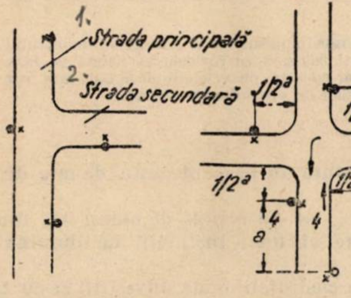


Fig. 18. Exemple de amplasare a surselor luminoase la iluminarea intersecțiilor.

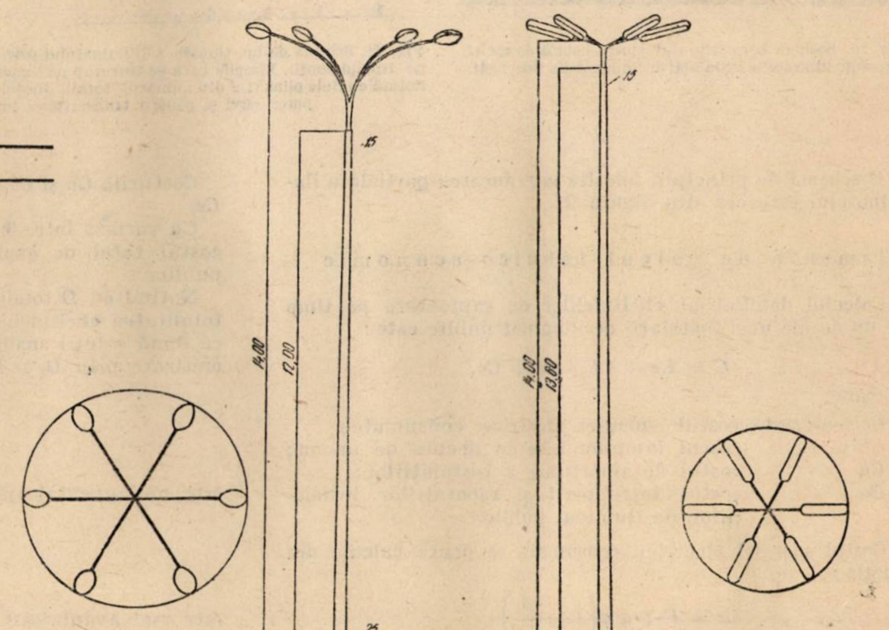


Fig. 19. Stîlpi din beton armat centrifugat pentru iluminat public în piețe.

e) *Suporți*

Înălțimea mare de montare a surselor luminoase și numărul mare de corpuri de iluminat care se pot amplasa pe stîlp impun alegerea unor suporți corespunzători. Pentru instalații foarte importante, suporții se pot confecționa din țeavă de oțel. Stîlpii din țeavă sînt avantajoși din punct de vedere estetic, datorită formei lor zvelte, însă prezintă următoarele dezavantaje :

— cost ridicat, datorită numărului redus și construcției speciale ;

— necesită o întreținere permanentă.

Stîlpii de beton sînt mai avantajoși din punct de vedere economic decît stîlpii de oțel, au o durată mai mare în exploatare și nu necesită cheltuieli de întreținere.

În prezent, pentru instalațiile de iluminat din piețe se poate folosi stîlpul de tip SCF—11—4, capabil să suporte și eforturile date de rețeaua de contact a I.T.B.

Pentru a se obține înălțimea mare de montare a surselor luminoase se folosește supraînălțarea lor prin montarea unor prelungiri și brațe metalice.

Tipurile de stîlpi care se vor fabrica în 1964 cuprind și pe cei care se vor folosi la iluminatul piețelor.

Propunerile făcute în studiile întocmite de ISPE și IDEB, și realizate pentru omologare, corespund acestui scop, și prin zveltețea lor se vor încadra în arhitectura pieței (fig. 19).

f) *Rețeaua de alimentare*

Rețeaua de alimentare din piețe se construiește de preferință în cablu subteran. Alimentarea stîlpilor se face prin sistemul intrare — ieşire, secţionîndu-se cablul de reţea la fiecare stîlp. Pentru a se crea condiţii montării siguranţelor, cutiilor terminale şi bobinelor de şoc este necesar a se amenaja socli la baza stîlpilor. O importanţă deosebită trebuie să acordăm formei soclilor, încît aceştia să se armonizeze cu stîlpul şi ansamblul pieţei (fig. 20).

Pentru micşorarea cheltuielilor de exploatare se recomandă şi pentru asemenea instalaţii aplicarea sistemului de reducere a iluminatului în timpul nopţii, în orele cu circulaţie redusă, fără a influenţa uniformitatea iluminatului, ci numai nivelul de iluminare.

Costul lămpilor arse în decurs de un an se poate calcula din relaţia :

$$Cl = \frac{n \cdot \alpha \cdot t}{z}, \qquad (8)$$

în care :

n este numărul total de lămpi din instalaţie ;
α — preţul mediu al unei lămpi, lei ;
z — durata medie de viaţă a unei lămpi, ore ;
t — timpul de utilizare a instalaţiei, ore/an.

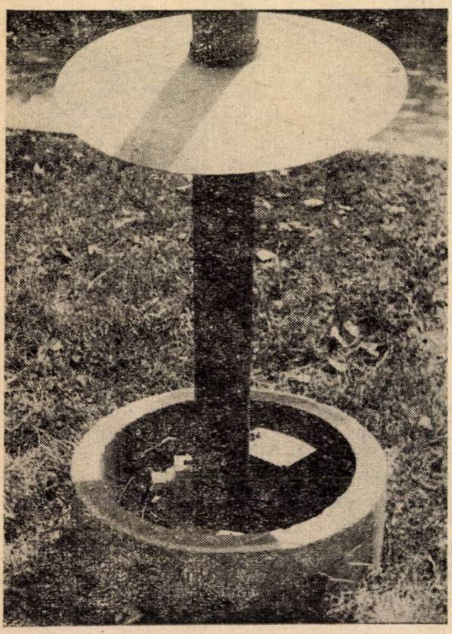
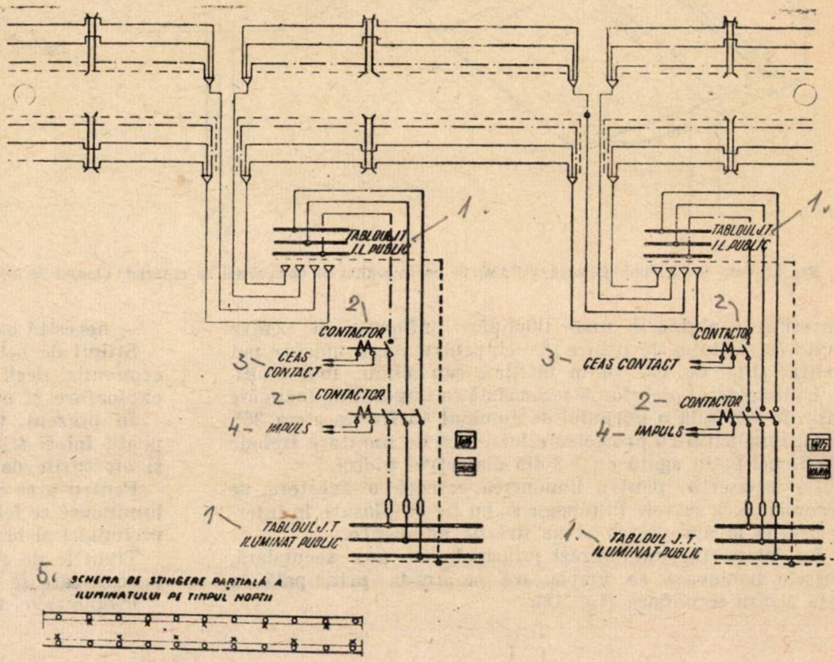


Fig. 20. Soclu la baza stîlpului pentru bobină de şoc şi siguranţe utilizate în instalaţii de iluminat din Bucureşti.



1.
TABLOUL J.T. I.L. PUBLIC
2
CONTACTOR
3 — CEAS CONTACT
2 — CONTACTOR
4 — IMPULS
1 — TABLOUL J.T. ILUMINAT PUBLIC
5. SCHEMA DE STINGERE PARŢIALĂ A ILUMINATULUI PE TIMPUL NOPŢII

Fig. 21. Schemă de funcţionare a iluminatului privind cascada impulsurilor şi reducerea iluminatului pe timpul nopţii. Lămpile care se întrerup pe timpul nopţii (zig-zag) se vor conecta numai pe faza notată cu linie plină (1/2 din numărul total). Restul se vor conecta pe celelalte două faze, care vor putea servi şi pentru transmiterea impulsurilor de aprindere a cascadei.

O schemă de principiu folosită la reducerea parţială a iluminatului este cea din figura 21.

Elemente de calcul tehnico-economic

Calculul detaliat al cheltuielilor de exploatare pe timp de un an ale unei instalaţii de iluminat public este :

$$(6) \qquad C = Ce + Cl + Ca + Co,$$

în care :

Ce reprezintă costul energiei electrice consumate ;
Cl — costul lămpilor arse în decurs de un an ;
Ca — costul de amortizare a instalaţiilor ;
Co — costul întreţinerii şi reparaţiilor instalaţiilor de iluminat public.

Costul energiei electrice consumate se poate calcula din relaţia :

$$(7) \qquad Ce = P \cdot t \cdot a\,\varepsilon\left(1 + \frac{e}{100}\right),$$

în care :

P este puterea instalată ;
t — numărul orelor de utilizare pe an ;
a — preţul unui kWh de energie electrică ;
ε — coeficient ce ţine seamă de reducerea iluminatului în timpul nopţii ($\varepsilon = 1$ dacă instalaţia funcţionează în orele de noapte cu toată puterea) ;
e — pierderile de energie electrică instalată (exprimate în procente).

Costurile Ca şi Co reprezintă un procent destul de mic din Ce.

Ca variază între 6 şi 2 %, iar Co atinge de obicei 3 % din costul total de exploatare al unei instalaţii de iluminat public.

Notînd cu D totalitatea cheltuielilor de investiţii şi cu C totalitatea cheltuielilor de exploatare anuale şi presupunînd că două soluţii analizate (notate cu indici 1 şi 2) sînt concretizate prin $D_1 > D_2$ şi $C_1 < C_2$, rezultă că, dacă :

$$\frac{D_1 - D_2}{C_2 - C_1} < 5, \qquad (9)$$

este mai avantajoasă soluţia cu indicele 1, şi , dacă

$$\frac{D_1 - D_2}{C_2 - C_1} > 5, \qquad (10)$$

este mai avantajoasă soluţia cu indicele 2.

5 este numărul de ani necesar pentru amortizarea investiţiei.

3. Realizări în domeniul iluminatului pieţelor

— În U.R.S.S. s-au realizat în ultimul timp progrese mari în execuţia lămpilor cu xenon de mare putere, care s-au executat cu dimensiuni mici şi cu durată de viaţă ce trece de 1000 ore. Prin apariţia acestor lămpi s-a creat posibilitatea obţinerii unor nivele de iluminare ridicate în spaţii mari. Astfel, lampa DKST—20 000 s-a utilizat la realizarea instalațiilor de iluminat de la Sala Congreselor din Kremlin, Piața Komsomolsk și Piața Sovietelor din Moscova, Parcul de cultură Sokolniki și Expoziția Construcțiilor.

Astfel, iluminările ridicate, necesare unei piețe de mare circulație cum este Piața Komsomolsk din Moscova, au fost realizate cu șase lămpi tip DKST—20 000. Acestea s-au montat cîte două pe trei suporți, amplasați astfel încît să se poată ilumina uniform întreaga suprafață a pieței.

Cercetările efectuate în continuare au condus la realizarea unei lămpi de 100 kW și a unei instalații trifazice de 300 kW, care s-a montat în cupola de sticlă a pavilionului Expoziției realizărilor gospodăriilor sovietice din Moscova. Pentru a evidenția caracteristicile acestei lămpi prezentăm instalația realizată și rezultatele lumino-tehnice obținute: cupola, la care s-a montat această instalație, are dimensiuni mari: înălțime de 70 m și diametrul la bază de 60 m.

S-au instalat trei perechi de lămpi de 100 kW (cu o lampă rezervă pe fiecare fază), iar electric lămpile au fost conectate în triunghi. De menționat este faptul că răcirea corpurilor de iluminat se face cu apă, ceea ce conduce la o creștere a randamentului cu 30% față de randamentul corpurilor de iluminat cu răcire în aer. Alimentarea cu apă se realizează pe perechi de lămpi prin construcția tubulară a corpului de iluminat.

Comanda pompelor de apă și a instalațiilor de punere în funcțiune a lămpilor se face de la distanță. Prin instalații de automatizare este condiționată funcționarea corpurilor de iluminat de funcționarea instalațiilor de răcire. Cu această lampă, denumită „Sirius'', care este cea mai puternică lampă cu xenon realizată pînă în prezent, s-au obținut la instalația de iluminat descrisă următoarele rezultate:

— iluminare orizontală în centrul sălii: 850 lx;

— iluminare orizontală la marginea sălii: 350 lx;

— iluminare orizontală în exterior la 75 m de la marginea cupolei: 25 lx.

Rezultatele lumino-tehnice obținute sînt de 3—5 ori mai mari decît în cazul folosirii a 3 000 lămpi cu filament cu o putere totală de 300 kW.

— Pentru iluminarea unei piețe de mari dimensiuni din München s-a montat aproximativ în centrul pieței un stîlp de beton armat de formă tronconică, de peste 30 m înălțime, iar pe el s-a fixat un corp de iluminat de mare suprafață, special amenajat pentru această instalație. Sursele luminoase folosite sînt trei lămpi cu xenon; fiecare lampă are o putere de 20 kW. Se remarcă că spectrul luminos al acestor lămpi este analog cu acel al luminii de zi. În corpul de iluminat complex s-au montat, pe lîngă cele trei lămpi cu xenon, și lămpi cu vapori de mercur și balon fluorescent cu o putere instalată totală de 6 kW. Acestea produc singure iluminarea necesară în orele cu circulație redusă.

Lampa cu xenon utilizată este asemănătoare ca formă cu o lampă fluorescentă tubulară (lungă de 1,72 m, Ø 32 mm); tensiunea de funcționare a lămpii este de 270 V, iar fluxul luminos produs 55 0 000 lm. Amorsarea se produce cu ajutorul unui starter, iar intrarea în funcțiune nu este influențată de temperatura exterioară.

Corpul de iluminat este de formă hexagonală, avînd diametrul de 4,8 m și greutatea de 1,2 t. Pe trei laturi ale corpului de iluminat sînt montate lămpile cu xenon, fixate în reflectoare cu oglinzi parabolice din aluminiu, iar pe celelalte trei laturi sînt montate, împreună cu bobinele lor de șoc, șase lămpi cu vapori de mercur de 400 W fiecare.

În partea superioară a suportului s-a montat un ventilator care, printr-un sistem de blocare, nu permite funcționarea lămpii fără ventilație.

Suportul pe care este fixat corpul de iluminat este din beton armat centrifugat cu înălțimea de 32 m și 1,8 m în fundație; diametrul la bază este 70 cm, la vîrf de 20 cm, iar greutatea de 9,6 t (fig. 22).

— Pentru iluminarea unei piețe comerciale, cu o suprafață de aproximativ 83 000 m² (din care aproximativ 41 000 m² constituie spațiu de desfacere liber), s-au experimentat mai multe tipuri de lămpi; lămpi cu vapori de mercur, fluorescente, incandescente.

Problema principală care trebuia rezolvată în acest caz era redarea exactă a culorilor naturale ale produselor. S-au utilizat lămpi fluorescente de 65 W. Fiecare corp de iluminat este prevăzut cu trei lămpi și pe fiecare stîlp s-au montat cîte patru corpuri de iluminat la un unghi de deschidere în planul orizontal de 90°. Stîlpii s-au amplasat la distanță de 25 m. Înălțimea de montare a corpurilor de iluminat este de 9 m, iar unghiul de înclinare față de orizontală — de

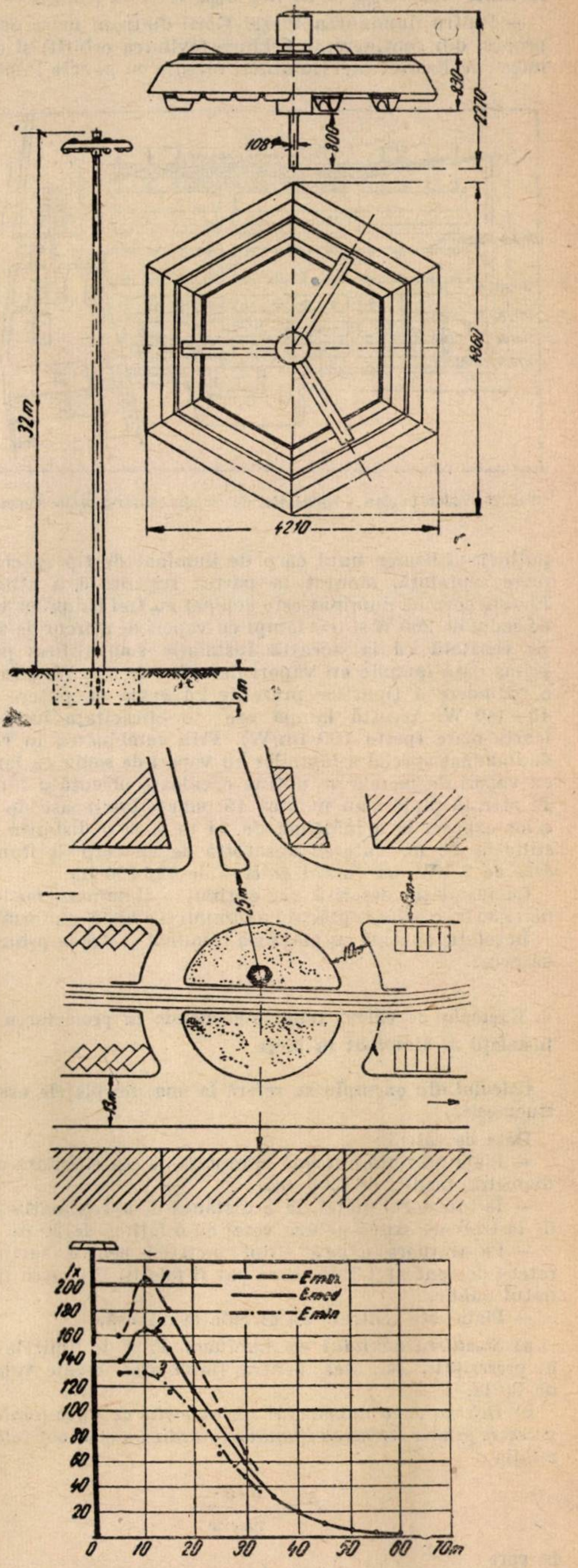


Fig. 22. Stîlpul și corpul de iluminat cu lămpi cu xenon de mare putere utilizat în instalația descrisă la cap. 3.

15°. Fiecare ansamblu montat pe stîlp emite un flux luminos de 30 000 lm, la o putere instalată de 780 W. Iluminările realizate sînt : $E_{min} = 25$ lx ; $E_{med} = 31$ lx și $E_{max} = 55$ lx.

— Pentru iluminarea Pieței Gării dintr-un mare oraș s-a propus, din considerente tehnice (evitarea orbirii) și economice (realizarea unei iluminări intense cu puncte luminoase puține), utilizarea unui corp de iluminat de tip special, de mare suprafață, montat la partea superioară a stîlpului. Fiecare corp de iluminat este echipat cu trei lămpi cu vapori de sodiu de 200 W și trei lămpi cu vapori de mercur de 400W. Se constată că la această instalație s-au utilizat pentru prima dată lămpile cu vapori de sodiu de 200 W, care sînt o extindere a tipurilor prezente cu gama de putere între 45—140 W. Această lampă are o eficacitate luminoasă foarte mare (peste 100 lm/W). Prin combinarea în corpul de iluminat special a lămpilor cu vapori de sodiu cu lămpile cu vapori de mercur se obține o culoare plăcută a luminii. În această piață s-au montat 15 puncte luminoase de tipul celor expuse, la o înălțime de 14 m și la o distanță între stîlpi de 30 m. Puterea absorbită de un corp de iluminat este de 2 kW, iar fluxul emis — de 126 000 lm.

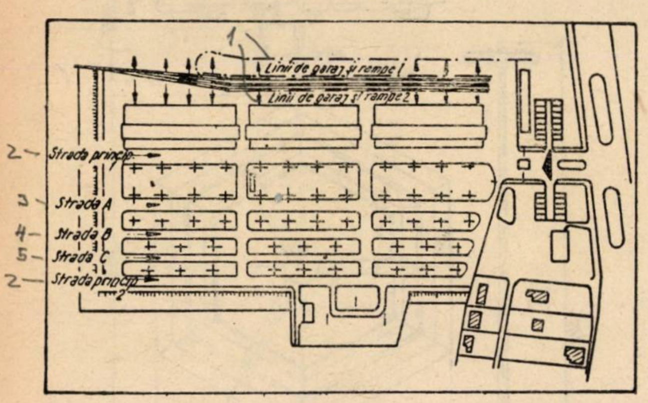


Fig. 23. Vedere în plan a instalației de iluminat dintr-o piață comercială.

Cu instalația descrisă s-a obținut o iluminare medie de peste 30 lx, o culoare plăcută a luminii și o bună uniformitate.

În soluție analogă cu piața s-a iluminat și strada principală de acces.

4. Exemplu de calcul tehnico-economic la proiectarea unei instalații de iluminat în piețe

Calculul din exemplu se referă la una din piețele orașului București.

Date de calcul :

— Piața prezintă o formă apropiată de cea circulară cu un diametru mediu de 200 m.

— În interiorul pieței, la o distanță de aproximativ 10 m de la trotuar, există peluze verzi cu o lățime de 20 m.

— Pe trotuare există stîlpi metalici pentru susținerea rețelei de contact I.T.B., care pot fi folosiți și pentru iluminatul public.

— Piața este centrală cu circulație intensă.

a) *Stabilirea nivelului de iluminare.* Față de limitele date în prescripții, s-a ales pentru iluminarea medie valoarea de 20 lx.

b) *Determinarea numărului aproximativ de surse luminoase necesare pentru obținerea iluminării medii* s-a efectuat folosind relația :

$$P = \frac{E \cdot S \cdot}{\eta_a \cdot \eta_e}, \qquad (11)$$

în care :

E este iluminarea medie impusă (20 lx);

S — suprafața necesar a se ilumina = (31 400 m²);

η_a — randamentul corpului de iluminat (se consideră randamentul mediu egal 0,25);

η_e — eficacitatea luminoasă a lămpii $\left(\text{se consideră valoarea medie de } 20\ \frac{\text{lm}}{\text{W}}\right)$.

c) *Soluții analizate*: în funcție de puterea necesar a se instala pentru obținerea iluminării medii impuse, s-au analizat următoarele soluții de iluminare a pieței :

I. Pe stîlpii de pe perimetrul pieței se vor monta cîte cinci corpuri de iluminat de tip închis, echipate cu lămpi cu vapori de mercur de 700 W.

II. Pe stîlpii existenți pe circumferința pieței se vor monta cîte două corpuri de iluminat de tip închis, echipate cu lămpi cu vapori de mercur de 700 W, și un proiector cu fascicol difuzant, echipat cu lampă incandescentă de 1000 W.

III. Pe stîlpii de pe circumferința pieței se vor monta cîte trei corpuri de iluminat de tip închis, echipate cu lămpi cu vapori de mercur de 400 W. Centrul pieței se va ilumina cu două baterii de proiectoare, dintre care una se va monta pe o clădire existentă, iar una se va monta pe un pilon de beton amplasat într-un spațiu verde din apropiere. Proiectoarele sînt cu fascicul concentrat și se echipează cu lămpi incandescente de 1500 W.

IV. Pe stîlpii de pe perimetrul pieței se vor monta cîte cinci corpuri de iluminat de tip închis, cu lămpi cu vapori de mercur de 400 W. Centrul pieței se va ilumina cu o baterie de reflectoare montată pe clădirea existentă.

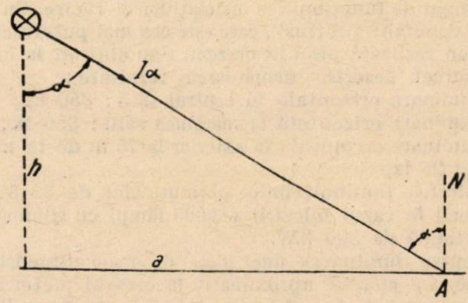
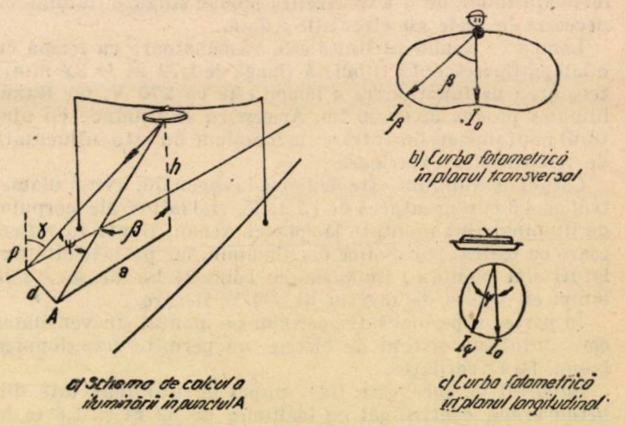


Fig. 24. Schemă de calcul pentru corpuri de iluminat simetrice.

V. Pe stîlpi metalici înalți, amplasați în peluzele verzi, se montează corpuri de iluminat de mare suprafață, echipate cu două lămpi cu vapori de mercur de 400 W și trei lămpi cu vapori de sodiu de 140 W.



a) Schema de calcul a iluminării în punctul A

b) Curba fotometrică în planul transversal

c) Curba fotometrică în planul longitudinal

Fig. 25. Schemă de calcul pentru corpuri de iluminat asimetrice.

VI. În centrul pieței se va monta un corp de iluminat complex, echipat cu trei lămpi cu xenon de 20 kW și șase lămpi cu vapori de mercur de 400 W. Pe stîlpii de pe circumferință se menține instalația existentă (cîte două corpuri de iluminat C—300 pe fiecare stîlp, echipate cu lămpi cu vapori de mercur de 400 W), înlocuindu-se corpul de iluminat C—300 cu unul de tip închis.

d) *Înălțimea de montare a surselor luminoase* se verifică la efectul de orbire cu formula indicată în capitolul 2.

e) Se calculează iluminarea obținută în fiecare din soluțiile propuse, folosind metoda punct cu punct și aplicînd relația (8) pentru corpuri de iluminat cu distribuție simetrică, relația (9) pentru corpuri de iluminat cu distribuție asimetrică și relațiile (12), (13), (14), (15) pentru iluminat cu proiectoare.

— Pentru corpuri de iluminat simetrice:

(12)

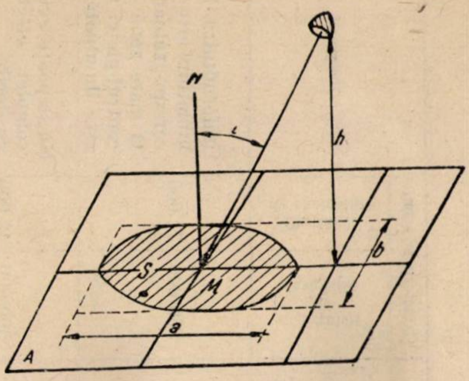
$$E = \frac{I\alpha \cos^3 \alpha}{H^2\, k}\ \text{lx}$$

unde:

E este iluminarea în punctul de calcul, lx;

$I\alpha$ — intensitatea luminoasă în direcția punctului de calcul, ce se determină din curba fotometrică a corpului, cd;

Fig. 26. Schemă de calcul pentru iluminat cu proiectoare.



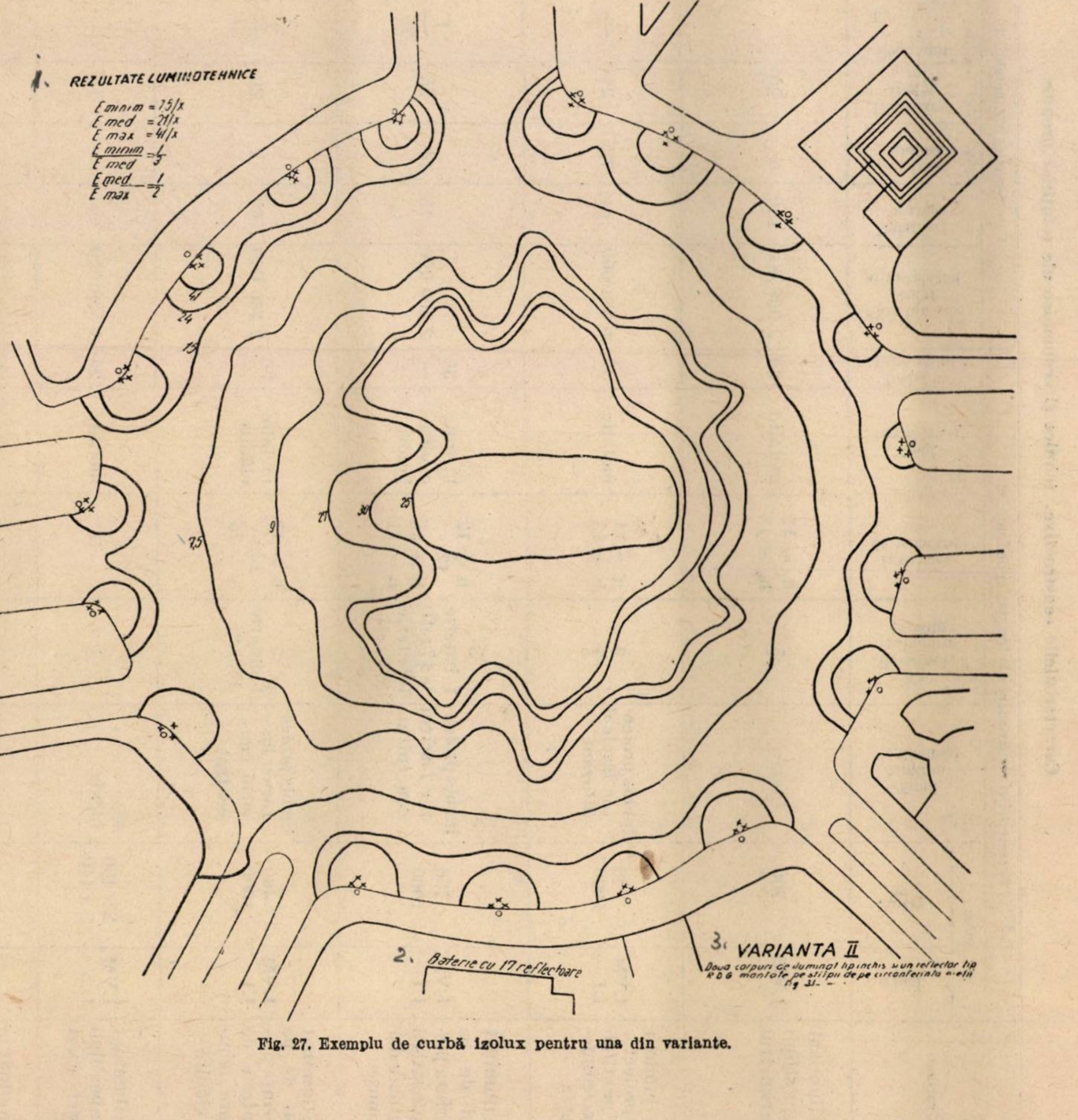

1. REZULTATE LUMINOTEHNICE
E minim = 7,5 lx
E med = 21 lx
E max = 41 lx
E minim / E med = 1/3
E med / E max = 1/2
41
24
15
9
27
30
25
7,5
2. Baterie cu 17 reflectoare
3. VARIANTA II
Două corpuri de iluminat tip închis și un reflector tip RDG montate pe stîlpii de pe circonferința [illegible] fig 31

Fig. 27. Exemplu de curbă izolux pentru una din variante.

α — unghiul dintre normală la suprafața în punctul de calcul și raza incidentă;

H — înălțimea de suspensie a corpului de iluminat, m;

k — coeficient de depreciere care ține seamă de scăderea în timp a fluxului luminos al lămpii, datorită îmbătrînirii, gradului de depuneri de praf etc. ($k = 1{,}2 - 1{,}3$).

— Pentru corpuri de iluminat asimetrice:

$$E = I_{\psi}\, \frac{I_{\beta}}{I_0} \cdot \frac{H}{\sqrt{(a^2 + d^2 + H^2)\,3}},\ \text{lx}$$

(13)

Tabela 5

Caracteristicile constructive, tehnice şi economice ale soluţiilor propuse

1. Nr. crt.	2. Nr. variantei	3. Descrierea variantei	10. Caracteristici constructive ale instalaţiei de iluminat							27. Caracteristici luminotehnice						33 Caracteristici econ.		36. Observaţii
			11. Surse		14 Tipul corpului de iluminat	18 Nr. de corpuri de iluminat pe stîlp	21 Înălţimea de montare, m	22 Tipul suporturilor	26 Distanţa între stîlpi	28 Flux luminos total al instalaţiei	29 Iluminare maximă, lx	30 Iluminare minimă, lx	31 Iluminare, medie, lx	32. Coef. unif. $K_1 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$	32. Coef. unif. $K_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$	34 Cheltuieli de investiţie	35 Cheltuieli de exploatare	
			12. Tipul	13 Putere, W														
1	I	4. Corpuri de iluminat montate pe stîlpii de pe perimetrul pieţei	LVM	700	15 închis	5	$h_1 = 12$ $h_2 = 13$	23 metalic	30	2 960 000	140	0	20	—	$\frac{1}{7}$	360 000	71 000	37 Uniformitatea iluminatului este necorespunzătoare. O mare zonă în centrul pieţei nu este iluminată
2	II	5. Corpuri de iluminat şi un proiector montate pe stîlpii de pe circumferinţa pieţei	LVM LI	700 1000	16. închis proiector fascicol difuzant	2 1	h = 14 h = 13	23 metalic	30	1 584 000	41	7,5	21	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	300 000	42 000	38 Nu se poate evita complet efectul de ~~oprire~~ orbire.
3	III	6. Corpuri de iluminat pe stîlpi de pe circumferinţa pieţei şi două baterii de proiectoare diametral opuse	LVM LI	700 1000	17. închis proiector fascicol concentrat	19 3 1 baterie de 17 refl. 1 baterie de 5 refl. 20	h = 12—13 h = 26 h = 21	23 metalic clădire 24 beton 25	30 — —	2 290 000	75	10	25	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{3}$	370 000	71 000	39 Iluminatul cu reflectoare din spaţiul verde dăunează aspectului estetic
4	IV	7. Corpuri de iluminat pe stîlpii de pe circumferinţa pieţei şi baterie de proiectoare montată pe clădire	LVM Ll	400 1000	17 închis proiector cu fascicol concentrat	19. 5 1 baterie 17 refl.	h = 12—13 h = 26	metalic 23 clădire 24	30 —	2 140 000	60	7	20	$\frac{1}{29}$	$\frac{1}{3}$	400 000	61 000	—
5	V	8. Corpuri de iluminat complexe pe stîlpii din peluzele verzi	LVM L.5	2×400 3×140	15 închis	1	13	metalic 23	25	1 536 000	—	—	15	—	—	50 000	43 000	40. Nu s-a calculat distribuţia intensităţilor luminoase punct cu punct
6	VI	9 Corp de iluminat pe stîlpii de pe circumferinţa pieţei şi un corp complex pe 1 stîlp central	LVM LX LVM	400 3×20000 6×400	15 închis 15 închis	2 1	12 25	metalic 23 metalic 23	30 —	2 380 000	120	8	25	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4,5}$	200 000	54 000	—

unde :

I_ψ este intensitatea luminoasă în planul longitudinal al lămpii, (cd) ; unghiul ψ se determină cu relația :

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{d}{\sqrt{a^2 + H^2}}; \tag{14}$$

I_β — intensitatea luminoasă în planul transversal al lămpii cd ; unghiul β se determină cu relația :

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{a}{H}; \tag{15}$$

I_0 — intensitatea luminoasă pe axa comună celor două planuri, cd.

Notațiile din aceste relații sînt arătate în figurile 24 și 25.

— Pentru proiectoare :

Numărul aproximativ de proiectoare identice, N, necesar pentru realizarea iluminării medii impuse pe suprafața S, se determină cu relația :

$$N = \frac{E \cdot S \cdot}{k \cdot \Phi_0 \, \eta_a}, \tag{16}$$

unde :

k este coeficient de depreciere ;

Φ_0 — fluxul emis de un proiector ;

η_a — randamentul proiectorului.

Suprafața eliptică iluminată de un proiector S, precum și axele ei a și b (respectiv mare și mică) se pot determina cu relațiile :

$$S = \pi H^2 \frac{\sin^2\beta \, \cos\beta}{(\cos^2\beta - \sin^2 i)^{3/2}} \tag{17}$$

$$a = H \frac{\sin^2\beta}{\cos^2\beta - \sin^2 i} \tag{18}$$

$$b = H \frac{\sin\beta}{\sqrt{\cos^2\beta - \sin^2 i}}, \tag{19}$$

δ este deschiderea utilă a fascicolului luminos al proiectorului (dată în prospectele fiecărui tip de proiector) ;

H — înălțimea de montare a proiectorului ;

l — distanța în planul orizontal pînă la suportul proiectorului ;

$$\beta = \frac{\delta}{2}; \tag{20}$$

i — unghiul de incidență al luminii.

Figura 26 arată semnificațiile acestor notații.

După efectuarea calculelor de iluminare în punctele de pe suprafața pieței (situate la distanță de aproximativ 1 m), se trasează curbele de iluminare egală — izolux —, se calculează iluminarea medie reală și coeficienții de uniformitate :

$$21)\,(22) \qquad k_1 = \frac{E_{min}}{E_{med}} \qquad k_2 = \frac{E_{med}}{E_{max}}.$$

Un exemplu de curbe izolux, trasate pentru una din soluțiile prezentului calcul tehnico-economic, este redat în fig. 27.

Tabela 6

1. Soluția	2. Caracteristici tehnice			6. Caracteristici economice		
	3. Nivel de iluminare	4. Uniform.	5. Aspect	7. Utilaj import	8. Cheltuieli investiții	9. Cheltuieli exploatare
I	▨	▥	▥	▨	▥	▥
II	▨	▨	▥	▥	▥	▨
III	▨	▨	▨	▥	▥	▥
IV	▨	▨	▨	▥	▥	▥
V	▥	▥	▥	▥	▨	▨
VI	▨	▨	▨	▥	▨	▨

10. ▨ Avantaj

11. ▥ Desavantaj

f) Se calculează puterea reală și se dimensionează rețeaua electrică.

g) Se calculează cheltuielile de investiție pentru executarea fiecărei soluții.

h) Se calculează cheltuielile de exploatare pentru fiecare soluție, folosindu-se relațiile date la cap. 2, pct. f.

i) Din compararea soluțiilor tehnic și economic se alege soluția corespunzătoare pentru execuție.

Tabelele 5 și 6 prezintă sintetic compararea soluțiilor propuse pentru cazul de față.

După cum rezultă din tabela 6, soluția VI este mai avantajoasă din punct de vedere tehnic și economic.

Bibliografie

[1] **Charles Rex, H.** și **Franklin, J. S.** *Aprecierea confortului vizual la iluminatul șoselelor.* Iluminating Engineering LV (1960), nr. 3, p: 161–170.

[2] **Schmidt, W.** și **Lehrmann, T.** *Un corp de iluminat de mare suprafață cu lămpi cu xenon de mare putere.* Light and Lighting nr. 1, 1959, p. 24–26.

[3] **Marșac, I. S., Vasiliev, V. I., Tochadze, I. L.** și **Rogatin, I. V.** *Lămpi „solare" puternice cu xenon de formă tubulară, funcționînd fără bobină.* Svetotehnika 7 (1961), nr. 4, p. 8–16.

[4] **Lompe, A.** *O nouă lampă cu xenon.* Lichttechnik 10 (1958), nr. 3' p. 108–110.

[5] **Marșac, I. S., Vasiliev, V. I.** și **Wasserman, A. L.** *Lampa „Sirius", cea mai puternică lampă cu xenon din lume.* Svetotehnika 8 (1962), nr. 3, p. 7–13.

[6] **Boer, J. B.** *Strălucirea și lipsa de orbire ca unități practice de măsură pentru calitatea iluminatului public.* Lichttechnik nr. 7, 1958, p. 359–363.

[7] **Ott Willy.** *Iluminatul pieței mari din Nürnberg.* Lichttechnik nr. 3, 1960, p. 123–124.

[8] **Meșkov, V. V.** și **Sokolov, I. I.** *Curs de tehnica iluminatului.* Gosenergoizdat, Moscova–Leningrad, 1953, p. 186–187.

[9] Catalog corpuri de iluminat Schanzenbach.

[10] Catalog corpuri de iluminat OSRAM.

[11] Catalog corpuri de iluminat Disco.

[12] Catalog corpuri de iluminat AEG.

[13] *Prescripții pentru iluminatul străzilor nr. ?3/961*, ediția a II-a, M.M.E.E.–D.E.E.

[14] *Manualul inginerului electrician*, vol .V. Editura tehnică, București, 1957.

[15] *Instrucțiuni pentru construcția, exploatarea și întreținerea rețelelor de iluminat public.* Instrucțiunea nr. 115/61, M.M.E.E.–D.E.E.

[16] *O vedere generală internațională a progresului iluminatului în 1958.* Light and Lighting nr. 4, 1959, p. 123.

Cronica

Consfătuirea constructorilor din organizaţiile de execuţie şi proiectare din cadrul Ministerului Minelor şi Energiei Electrice

În zilele de 11, 12 şi 13 octombrie 1963 a avut loc consfătuirea constructorilor din Ministerul Minelor şi Energiei Electrice, avînd ca temă aplicarea tehnicii noi în sectoarele de construcţii şi montaj ale obiectivelor energetice şi miniere, la care au participat cadre de conducere, ingineri şi tehnicieni din toate unităţile de proiectare şi execuţie.

Consfătuirea s-a bucurat de un succes deosebit prin calitatea şi multitudinea problemelor interesante prezentate, constituind totodată un bogat schimb de experienţă între unităţile noastre de proiectare şi cele de construcţii-montaj.

S-au prezentat 13 referate, bogat exemplificate prin planşe, proiecţii de fotografii, diapozitive şi filme documentare, care au constituit materiale interesante, specifice ministerului, privind aplicarea tehnicii avansate.

În timpul consfătuirii s-au vizitat şantierul de construcţii-montaj de la Centrala electrică de termoficare Grozăveşti şi fabrica de stîlpi centrifugaţi de la Titan, la care s-au ilustrat unele soluţii de tehnică modernă la montajul centralelor electrice şi la fabricarea stîlpilor de beton armat centrifugat necesari liniilor de transport de energie electrică.

Referatele prezentate în cadrul consfătuirii au arătat că introducerea tehnicii noi în proiectarea şi execuţia obiectivelor miniere şi energetice constituie o preocupare de prim ordin a inginerilor şi tehnicienilor din cadrul ministerului şi că activitatea se desfăşoară în conformitate cu sarcinile trasate prin Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. privind căile principale de dezvoltare şi de realizare a planului de perspectivă.

În baza discuţiilor purtate, concluziile consfătuirii s-au concretizat într-un plan de acţiuni pentru promovarea în continuare a introducerii tehnicii noi.

Din dezbaterea principalelor probleme a reieşit că :

— Toate unităţile ministerului execută principalele operaţii mecanizat şi se tinde continuu la extinderea mecanizării la majoritatea lucrărilor.

Este, însă, necesar să se îmbunătăţească gradul de folosire a parcului de utilaje, urmărindu-se în special ca utilajele de mare capacitate să fie folosite pe baza unor scheme tehnologice şi a unui program desfăşurat în timp. În ceea ce priveşte lucrările energetice, nivelul mecanizării lucrărilor de săpare a pămîntului şi de amestecare a betonului trebuie menţinut în condiţiile volumului planului de producţie, care creşte an de an.

— S-a acordat o atenţie deosebită folosirii prefabricatelor, în special la construcţia liniilor electrice de înaltă tensiune şi a staţiilor electrice. S-a început, de asemenea, să se folosească prefabricatele la construcţiile instalaţiilor de preparare din industria minieră şi la construcţia centralelor electrice.

Este necesar ca ritmul extinderii aplicării şi folosirii prefabricatelor în construcţiile mari industriale să crească necontenit, astfel ca în viitorul apropiat să se execute asemenea obiective în termene cît mai scurte, în orice anotimp şi cu economii de materiale deficitare.

— Trebuie lărgită aplicarea în proiectare a proiectelor-tip şi a proiectelor refolosibile care vor conduce la reducerea substanţială a eforturilor de proiectare.

— Inginerii şi tehnicienii din proiectare şi execuţie trebuie să lărgească temeinic baza de documentare tehnică privind realizările importante din ţara noastră şi din tehnica mondială în domeniul lucrărilor de construcţii-montaj specifice ministerului nostru.

*

Dintre referatele prezentate în consfătuirea constructorilor, cu un bogat şi interesant material de concepţie şi un grad mare de aplicare a tehnicii noi în unităţi au fost remarcate :

— Referatul ISPE privind „*Aplicarea tehnicii noi în proiectarea construcţiilor energetice*", care tratează principiile avansate de aplicat în proiectarea construcţiilor centralelor termoelectrice, a liniilor electrice de înaltă tensiune şi a staţiilor de transformare.

— Referatul ISPH privind „*Aplicarea tehnicii noi în proiectarea centralelor hidroelectrice*", care tratează metodele de nivel mondial de concepţie şi proiectare a barajelor, tunelelor şi centralelor hidroelectrice, aplicate cu succes în acest institut.

— Referatele ICH şi ISPH privind „*Tratarea prin mai multe metode avansate a importantei probleme a etanşării în profunzime a terenurilor la lucrările hidroenergetice*" (metoda piloţilor de beton secanţi şi cea a pereţilor continui de beton).

— Referatul TCME „*Tehnica nouă, realizări şi perspective*", privind execuţia lucrărilor la construcţiile şi montajele centralelor termoelectrice, a liniilor de înaltă tensiune şi a staţiilor de transformare a energiei electrice, unde se aplică în multe domenii tehnica cea mai avansată.

— Referatele IPROMIN „*Eficienţa soluţiilor noi, prevăzute la proiectarea complexului industrial Tarniţa*" şi „*Elemente de tehnică nouă la proiectarea construcţiilor uzinei de preparare Teliuc*".

*

În concluzie, prin lucrările rodnice ale consfătuirii scopul urmărit a fost pe deplin atins. S-a realizat un schimb de experienţă între specialiştii tuturor unităţilor de proiectare şi execuţie din cadrul ministerului, care, deşi au domenii de activitate diferite, pe linie de construcţii pot folosi metode şi elemente de construcţii comune.

În viitor trebuie urmărită cu perseverenţă aplicarea cu succes a celor mai noi şi avansate metode tehnice în proiectare şi execuţie, precum şi organizarea în continuare a unor consfătuiri de acest fel.

*

În numărul de faţă al revistei „Energetica" sînt publicate două dintre referatele ţinute la consfătuire, şi anume : „Aplicarea tehnicii noi în proiectarea construcţiilor energetice" şi „Tehnica nouă în construcţia şi montajul instalaţiilor energetice".

Ing. **Tudor Ionescu**

Recenzii

C. CERNESCU şi D. STOIAN: **Tehnica securităţii la construcţia liniilor electrice.** Editura tehnică, Bucureşti 1963, 143 p., 44 fig., 1 tabelă.

Lucrarea se situează pe linia îndrumarelor privind tehnica securităţii în electroenergetică, în continuarea lucrărilor cu caracter general de tehnica securităţii în acest domeniu, cum ar fi tratatul „Tehnica securităţii în instalaţiile electrice", de ing. M. Sufrim şi un colectiv de specialişti. Ea se ocupă de o categorie de lucrări care, deşi prin specificul lor de bază intră în domeniul construcţiilor, prezintă totuşi particularităţi, ca extinderea pe distanţe adeseori foarte mari, necesitatea utilizării cît mai intense a marii şi micii mecanizări şi a unor lucrători cu o calificare specială.

În primul capitol al lucrării se indică foarte pe scurt condiţiile de admitere şi funcţionare a lucrătorilor la construcţiile de linii, care cer în primul rînd condiţii de perfectă sănătate şi de îndemînare, pentru lucrătorii operînd pe stîlpii liniilor, şi o precizie deosebită, la ridicarea stîlpilor, în special a celor grei, şi la montarea conductoarelor.

Capitolul al doilea, „Organizarea, răspunderea şi supravegherea muncii", detaliază foarte pe scurt aceste funcţiuni, în cadrul special al şantierelor pentru lucrări de linii electrice.

În capitolul al treilea se tratează despre organizarea şantierului şi a locului de muncă, în specificul construcţiei liniilor electrice, insistîndu-se asupra realizării şi amplasării celei mai judicioase a construcţiilor şi instalaţiilor de la sediul şantierelor, ţinînd seamă de caracterul lor provizoriu, datorită duratei scurte a lucrărilor. Se insistă, de asemenea, asupra importanţei planificării, în cele mai mărunte detalii, a transporturilor de materiale şi utilaje care intră aproape în totalitate în categoria transporturilor grele şi sînt efectuate pe drumuri adesea greu practicabile. În fine, se indică măsurile specifice instructajului la faţa locului, cu efectuarea operaţiilor numai la comanda şefilor de echipă, despre stricta disciplină ce comportă acest mod de lucru şi necesitatea cunoaşterii temeinice a utilajelor, de către cei ce le mînuiesc şi a operaţiilor înseşi.

Capitolul al patrulea al lucrării se ocupă de tehnica securităţii la transportul, manipularea şi depozitarea materialelor, prefabricatelor şi utilajelor necesare pe şantierele liniilor electrice aeriene şi în cablu, menţionînd pe scurt următoarele probleme ilustrate cu cîteva schiţe: încărcarea şi descărcarea stîlpilor de lemn şi a stîlpilor şi prefabricatelor din beton armat şi din metal, a tamburilor cu cabluri şi conductoare neizolate, executarea transporturilor, depozitarea şi conservarea materialelor.

În capitolul al cincilea, intitulat „Tehnica securităţii la utilizarea mijloacelor de muncă şi de protecţie", se descriu în mod succint, cu utilizarea parţială a unor schiţe, sculele manuale, uneltele şi maşinile pneumatice, echipamentele de lipire şi de cositorire, maşinile şi aparatele electrice, lămpi electrice portative şi mijloace de urcat pe stîlpi utilizate în construcţia liniilor electrice. O parte din acelaşi capitol tratează despre folosirea utilajelor mecanice şi a instalaţiilor de ridicat: betoniere, tractoare, sonete şi instalaţii de ridicat, iar o ultimă parte cuprinde descrierea sumară a echipamentului de protecţie şi de lucru, a mijloacelor izolante de protecţie, a mijloacelor de asigurare a căderilor de la înălţime, tratînd şi despre utilizarea legărilor la pămînt şi a îngrădirilor provizorii mobile şi, în fine, a plăcilor avertizoare.

După cîteva indicaţii de tehnica securităţii la curăţirea traseelor (cap. 6), se tratează, în cap. 7 al lucrării, despre tehnica securităţii la executarea lucrărilor de terasamente pentru linii electrice aeriene şi în cablu, cu indicaţii scurte şi utilizînd cîteva schiţe asupra săpăturilor manuale, în teren cu pereţi în taluz şi cu pereţi sprijiniţi, asupra săpării mecanizate a gropilor şi şanţurilor, cu ajutorul forezelor şi excavatoarelor, precum şi asupra săpăturilor cu explozivi în teren stîncos.

Totodată capitolul 8 se ocupă de tehnica securităţii la executarea fundaţiilor cu indicaţii asupra montării şi demontării cofrajelor şi montării armăturilor la fundaţiile din beton monolit, asupra preparării, transportului şi turnării betonului; de asemenea se dau indicaţii privind montarea fundaţiilor din prefabricate, fundaţiilor-piloţi sau pe piloţi şi pe chesoane deschise.

Partea cea mai importantă a lucrării o constituie capitolul 9, „Tehnica securităţii la montarea liniilor electrice aeriene şi subterane". Acesta se ocupă de măsurile de luat la asamblarea şi plantarea stîlpilor, cu observaţii speciale asupra asamblărilor stîlpilor de lemn compuşi, a stîlpilor de beton armat şi metalici şi cu detalii speciale în ceea ce priveşte procedeele de ridicare a stîlpilor, manuale şi mecanizate, — utilizînd cîteva schiţe explicative.

Capitolul se ocupă şi de măsurile de luat la montarea conductoarelor active şi de protecţie pe linii aeriene, şi la montarea liniilor electrice subterane, cuprinzînd montarea cablurilor direct în pămînt, în canale, tunele şi în exploatări miniere, inclusiv lucrări de manşoane şi cutii terminale, cu indicaţii asupra mijloacelor individuale de protecţie la montajul cablurilor subterane.

După o scurtă indicaţie privind tehnica securităţii la vopsirea stîlpilor metalici şi a consolelor metalice la stîlpi de beton armat (cap. 10 al tratatului), lucrarea se încheie cu următoarele capitole de indicaţii generale:

Cap. 11: Acordarea primului ajutor în caz de accidente petrecute la executarea liniilor aeriene sau în cablu, cu indicaţii asupra primului ajutor de dat în caz de rănire, insistîndu-se în special asupra metodelor de oprire a hemoragiilor, asupra primului ajutor în cazuri de arsuri, degerături sau degerare, luxaţii, entorse, fracturi şi contuzii, asfixieri. Se dau indicaţii asupra modului cum trebuie transportaţi accidentaţii.

Cap. 12: Prevenirea accidentelor, cu scurte indicaţii asupra modului cum trebuie efectuat instructajul general cu caracter introductiv şi instructajul la locul de muncă.

La sfîrşit s-a adăugat o anexă conţinînd, sub formă de schiţe, semnalizările vizuale de folosit în mod curent pe şantierele de construcţii-montaj ale liniilor electrice.

Domeniul la care se referă lucrarea recenzată prezintă particularitatea că măsurile de tehnica securităţii în construcţia liniilor electrice nu se pot practic separat de descrierea proceselor tehnologice ale aceleiaşi construcţii. Totuşi o descriere detaliată a acestor procese ar fi condus la o lucrare mult prea voluminoasă, depăşind scopul urmărit, de a da o serie de reguli clare de comportare, pentru ferirea de accidente a lucrătorilor de linii electrice.

De aceea, autorii au presupus în general cunoscute problemele de detaliu şi procesele tehnologice ale construcţiei şi montajului liniilor electrice, enunţînd, în legătură cu acestea, măsurile corespunzătoare de tehnica securităţii. Din acest punct de vedere şi considerînd că este prima lucrare care atacă acest domeniu special, ea trebuie să fie considerată ca o reuşită, umplînd un gol resimţit pînă azi.

La o viitoare ediţie însă, ar fi totuşi util să se mai dezvolte partea tehnologică la strictul necesar, astfel încît lucrarea să poată fi însuşită cu maximum de folos şi de către lucrătorii cu mai puţină practică în specialităţile construcţiei de linii electrice.

Se constată totodată că nu s-au explicat în text anumite prescurtări, care nu sînt de o folosire foarte curentă (LEA, LEC), sau anumite noţiuni („la bornă" sau „la pichet", pentru locul de lucru la stîlp, „tachelaj", etc.).

În fine, în ultimele lucrări ale „Editurii tehnice" nu s-a mai introdus o erată, astfel încît s-a strecurat în cazul de faţă o serie de erori necorectate, care, deşi nu sînt de fond, influenţează asupra modului de prezentare a lucrării (de exemplu, chiar la titlul cap. 12, „Prevenirea accidentatului" în loc de „Prevenirea accidentelor"). Este de dorit să se reia sistemul utilizării eratelor pe foaie separată, la fiecare manual tipărit.

Ing. Vlad Răduleseu

DOCUMENTARE

Energetică generală

Fateev, E. M. **Energia vîntului şi utilizarea ei practică.** Lucrările Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. Resursele naturale ale U.R.S.S. şi utilizarea lor, Tom 1963, p. 67 — 75.

Se face o raionare a resurselor anemoenergetice de pe teritoriul U.R.S.S. La prima zonă se referă regiunile beneficiind de viteze medii anuale ale vîntului cuprinse între 6 şi 9 m/s şi care reprezintă 1,6 mil. km². Zona a II-a cuprinde regiunile cu viteze între 4 şi 6 m/s şi totalizează 4,3 mil. km². Se arată că resursele eoliene nu sînt utilizate într-o măsură satisfăcătoare. Astfel, numai în Kazahstan şi republicile asiatice, faţă de cele 40 000 instalaţii eoliene existente, numărul de instalaţii care ar fi judicios să se realizeze atinge 160 000. Se indică exemple cînd într-un singur colhoz funcţionează 16 — 18 agregate eoliene, dintre care unele pentru producerea energiei electrice, altele pentru pomparea apei sau pentru angrenarea celor mai diferite maşini agricole.

d. bf.

* * * **Centrale electrice geotermice în Noua Zeelandă.** Water and Water Engng. **67** (1963), nr. 804, p. 61.

Primul turbogenerator produs de firma AEI, cu un flux avînd o putere instalată de 30 MW la o turaţie de 1 500 rot/min, va fi instalat în viitorul apropiat la centrala electrică geotermică Wairakei, din Noua Zeelandă. După montarea a trei agregate de acest tip, puterea instalată totală (inclusiv cele 10 grupuri existente) va atinge 192 MW. Aburul este adus la turbine direct din foraje trecînd printr-un separator şi o supapă de reglaj. Datorită prezenţei hidrogenului sulfurat în abur, au fost utilizate la executarea diferitelor detalii ale turbinei materiale rezistente la coroziune.

d. bf.

Lo Giudice, G. **Poligon experimental pentru instalaţii anemoenergetice în apropiere de Palermo.** La termotecnica **17** (1963), nr. 1, p. 44 — 48.

În apropiere de Palermo pe un teren situat la o altitudine de 430 m, Institutul de fizică tehnică a instalat un poligon experimental pentru încercarea instalaţiilor anemoenergetice. Începînd cu anii 1957 — 1958 s-au făcut simultan măsurători ale regimului eolian şi ridicări ale caracteristicilor agregatelor electroeoliene: Allgaier tip D-10 (generator de curent continuu de 6 kW, 110 V), Parris Dunn (240 W, 12 V) şi Vivarelli (450 W, 12 V). Pentru înregistrarea vitezelor utilizate ale vîntului cît şi a puterilor dezvoltate de agregatele electroeoliene (proporţionale cu v^3) s-a realizat un potenţiometru special cuplat la anemometrul electric, avînd la ieşire o tensiune proporţională cu cubul vitezei vîntului. În felul acesta aprecierile s-au putut face direct, fie momentane — în kW—, fie prin integrarea diagramei — în kWh — pentru o anumită perioadă de timp. A fost de asemenea încercat un agregat electroeolian de curent continuu prevăzut cu o baterie de acumulatoare debitînd energie într-o reţea de curent continuu prin intermediul unui agregat compus dintr-un electromotor de curent continuu şi un generator asincron. Randamentul acestei instalaţii este de 50%. În încheiere se arată că au fost de asemenea experimentate în tehnica anemoenergetică tranzistoarele.

d. bf.

Electroenergetică

Gerschengorn, A. I. **Proiectul unei linii electrice aeriene de 700 kV în Canada.** Energohozeaistvo za rubejom, nr. 5, 1963, p. 1—3.

Pentru alimentarea cu energie a oraşului Montreal şi a consumatorilor industriali din zona Quebec s-a proiectat o linie electrică aeriană (LEA) avînd o capacitate de transport de 6 000 MW. Montajul va avea loc în anul 1964, LEA urmînd a fi dată în exploatare în anul 1965. Se preconizează — avînd în vedere puterea transportată — executarea a trei LEA paralele. Două LEA vor avea cîte 573 km fiecare, iar a treia 603 km. Puterile transformatoarelor utilizate sînt limitate la 170 MVA pe fază din motive de gabarit şi de greutate transportabilă (100 tone). La alegerea secţiunii conductoarelor s-a pornit de la premisa că pierderile prin efect corona nu trebuie să le depăşească pe cele de la liniile de 300 kV existente. Conductorii sînt fasciculari (4 fire — fiecare de 650 mm²). Distanţa dintre faze 15,5 m. Lanţurile de izolatoare de susţinere sînt compuse din 35 de elemente.

d. bf.

Cernigovski, A. F. **Traversarea fluviului Kama cu o linie electrică aeriană de 220 kV cu stîlpi de o nouă construcţie.** Elektriceskie stanţii nr. 11, 1963, p. 64—67.

Pentru traversarea fluviului Kama a fost proiectat un nou tip de stîlp metalic, superior, din punct de vedere tehnico-economic, soluţiilor precedente. Faţă de tipul de stîlp utilizat anterior, „brad întors”, noul tip este mai puţin înalt şi deci mai economic. Deschiderea traversării este de 1 030 m, secţiunea conductorului de 300 mm² pentru conductorul activ şi 200 mm² pentru firul de gardă. Calculul mecanic s-a efectuat în condiţiile zonei climaterice II: —45°C şi 35 m/s viteza vîntului fără chiciură şi 17,5 m/s cu chiciură. Au fost elaborate două proiecte dublu circuit, ale căror caracteristici sînt:

1. Proiect al organizaţiei „Teploelektroproiekt”: tensiunea 110 kV, $L = 1\,110$ m, denivelarea 72 m, conductori activi 6×185 mm², conductori de protecţie 2×70 mm², săgeata maximă 105 m, înălţimea stîlpului traversării 74 m.
2. Proiect al organizaţiei „Elektroproiekt”; tensiunea 220 kV, $L = 1\,030$ m, denivelare 83 m, conductori activi 6×300 mm², conductori de protecţie 2×200 mm², săgeata maximă 88 m, înălţimea stîlpului traversării 41 m.

d. bf.

Termoenergetică

Baboşin, V. M. **Cercetarea influenţei excesului de aer asupra lungimii flăcării arzătoarelor cu emulsie.** Teploenerghetika, nr. 10, 1963.

Prin arzătoare cu emulsie se înţeleg arzătoare la care pulverizarea păcurii se obţine prin scurgerea sub presiune (mică) a unei emulsii de păcură-aer sau păcură-abur. S-au cercetat două tipuri:

— cu duze multiple: scurgerea emulsiei paralelă cu aceea a aerului de combustie;

— inelar-radial: scurgerea emulsiei perpendiculară pe aceea a aerului.

Pe un stand de probe bine echipat cu instrumente de măsură s-a efectuat un număr mare de încercări pentru a stabili influenţa tipului de arzător, a condiţiilor de amestec şi a excesului de aer asupra dezvoltării, structurii şi radiaţiei flăcării.

Din tabelele şi graficele întocmite se trag următoarele concluzii:

1. În condiţii egale (CO = 0,5%) şi indiferent de valoarea excesului de aer, flacăra arzătorului inelar-radial este mai scurtă cu circa 400 mm decît aceea a arzătorului cu duze multiple.
2. Uniformitatea emulsiei şi amestecului intens (intim) cu aerul asigură o flacără scurtă, caracterizată prin:
   — aprindere şi ardere rapidă;
   — uniformitatea temperaturii şi concentraţiei produselor de ardere într-un volum mic al camerei de ardere.
3. Scurtarea flăcării nu are loc proporţional cu excesul de aer, dar scurtarea relativă a flăcării se micşorează pe măsura

creşterii excesului. Scurtările sînt mai pronunţate pentru valori ale excesului cuprinse între 1 şi 1,1.

4. Valorile maxime ale temperaturii şi fluxului termic se obţin în apropiere de arzător la valoarea excesului de 1,1 —1,12 pentru arzătorul de tip inelar-radial.

5. Gradul de radiaţie al flăcării scade cu creşterea excesului de aer; această scădere este mai pronunţată la tipul inelar-radial, la care şi zona de radiaţie este mai scurtă.

6. Excesul de aer la care procesul de ardere decurge cel mai intens depinde de condiţiile locale : dimensiunile focarului şi ale arzătorului, condiţiile de amestec etc.

c. d.

Tararenko, N. I. ş.a. **Scurtarea duratei de spălare acidă a blocului de 150 MW după montaj.** Teploenerghetika nr. 10, 1963.

Se dau rezultatele spălării acide rapide a unui bloc de 150 MW folosind monocitrat de amoniu. Avantajele acestei metode sînt:

— timpul necesar operaţiei foarte scurt (circa 2 zile);
— evitarea fisurării elementelor din oţel austenitic sub acţiunea ionului de clor şi a hidratului de sodiu;
— corodare minimă a metalului sub acţiunea soluţiilor de spălare;
— obţinerea pasivităţii, prin formarea unui film stabil.

Temperatura optimă este de 90°C, iar concentraţia soluţiei de citrat de amoniu este de 2%. Experienţele prealabile au arătat că nu este nevoie de nici un fel de inhibitor protector; de asemenea, considerînd practica din S.U.A., spălarea acidă nu mai este precedată de una alcalină (pentru degresare), şi aceasta cu atît mai mult cu cît în conturul de spălat sînt incluse elemente din oţel austenitic.

Tehnologia de spălare cu noua metodă constă din:

a) Spălarea cu apă industrială curată cu o viteză în ţevi de 2 — 3.5 m/s;
b) Spălarea acidă cu un debit de circa 1 000 m^3/h ($p = 16$ at) şi periodic cu 1 500 m^3/h ($p = 22$ at) timp de circa 18 ore;
c) Evacuarea soluţiei şi spălarea cu apă industrială.

Durata celor trei faze este de circa 36 ore; la controlul armăturilor s-a constatat că protejarea cu lac de perclorvinil a detaliilor executate din oţel cu procent ridicat de crom sau nitrurat este eficace.

Concluziile acestei prime aplicaţii a metodei de spălare prealabilă cu citrat de amoniu sînt:

1. Durata scurtă, eficacitatea ridicată, obţinerea pasivităţii şi netoxicitatea soluţiilor impun această metodă în viitor şi în special la blocurile de mare putere cu cazane de trecere directă.

2. Trebuie asigurată o circulaţie intensă a soluţiilor, pentru că fierul în acestea se găseşte nu numai în stare dizolvată, ci şi sub formă de şlam, care ar putea provoca înfundări dacă nu este antrenat printr-o viteză suficientă de circulaţie. La blocul de 150 MW, debitul pompelor de spălare trebuie să fie de minimum 1 000 m^3/h.

c. d.

Buslik, N. G. **Suflarea conductelor de abur a blocului cazan-turbină.** Electriceskie stanţii, nr. 10, 1963.

În afară de scopul principal de curăţare, suflarea constituie şi un control suplimentar al conductelor în stare caldă. Procesul de suflare (parametri, durata etc.) este hotărîtor în obţinerea efectului urmărit.

După comportarea cazanului (ardere satisfăcătoare, nearuncare de apă în conducte, nedepăşiri de supraîncălzire) şi pe bază de experienţă se fixează presiunea minimă de suflare de la sfîrşitul operaţiei, iar cea de la început se ia de 2 ori mai mare, ceea ce asigură o durată de suflare de 15 — 20 min. O durată mai scurtă poate fi insuficient de eficace, iar una mai lungă nu se justifică. La nevoie durata procesului poate fi reglată printr-un ventil montat pe conducta provizorie; în acest caz se admite reducerea cu 20 — 30% a secţiunii conductelor şi armăturilor provizorii.

Pentru suflarea conductelor blocurilor mari, de presiune ridicată, se începe operaţia cu 40 at (la cazan) şi se termină cu 20 at, la o temperatură iniţială a aburului de 400 — 450°C. Debitul de abur trebuie să asigure o viteză ridicată a fluxului (de 2 ori mai mare decît cea nominală) şi o energie a acestuia de 1,5 ori mai mare decît aceea la plină sarcină a turbinei. La parametrii nominali de lucru de 90 at şi 500 °C (la turbină) şi de 30 at şi 350°C pentru suflări, debitul trebuie să fie de 0,64 din cel nominal (sau de 0,4 în cazul suflării succesive a celor două conducte de alimentare în paralel a turbinei).

Alegerea unei presiuni de suflare mai ridicată — deşi măreşte debitul — poate totuşi să reducă energia fluxului (şi deci eficacitatea curăţirii), ca urmare a scăderii rapide a vitezei.

În articol se mai dau indicaţii pentru suflarea conductelor auxiliare şi scheme de suflare cu abur proaspăt sau străin.

c. d.

* * * **Injectoare de păcură pentru încălzirea cazanelor din centrala Thorp Marsh.** Engineering and Boiler House Revue **78** (1963), nr. 9, p. 321.

Cazanul cu o producţie de 1 700 t/h (pentru un bloc de 550 MW) instalat de B.W. lucrează cu C. P., dar încălzirea (la pornire) se face cu păcură, prin 54 injectoare speciale, comandate pneumatic fiecare prin patru cilindri; aprinderea acestora se face prin bujii de înaltă tensiune. Sistemul pneumatic adoptat asigură procesul automat de aprindere, realizînd succesiunea corectă de declanşare a tuturor operaţiilor.

La pornire, difuzorul de amestec cu aerul se deplasează din poziţia „scos'' în poziţia „lucru'' pe o cursă de 460 mm, cu ajutorul a două pistoane de diametru 76 mm, montate de o parte şi de alta a difuzorului. Injectorul de păcură şi bujia, montate pe tija difuzorului, se deplasează apoi cu încă 230 mm pînă în poziţia de lucru cu ajutorul a două pistoane cu diametrul de 38 mm, după care un robinet cu trei căi deschide admisia aerului la ventilul de reglare a păcurii. Blocajul respectiv împiedică deschiderea păcurii înainte de ajungerea în poziţia de lucru a injectorului. Ajunsă în poziţia de lucru, bujia începe să emită scîntei şi continuă pînă la aprinderea stabilă a păcurii, după care se retrage.

Cînd temperatura în focar ajunge la valoarea suficientă pentru arderea prafului, acesta este admis prin difuzor, aprinzîndu-se de la flacăra de păcură; după ce s-a ajuns la arderea stabilă a prafului, se închide păcura şi injectorul se retrage.

Comanda injectoarelor de încălzire se realizează de la distanţă cu ajutorul unui regulator principal şi a nouă panouri secundare de cîte şase injectoare. Operatorul poate să urmărească procesul de ardere în fiecare arzător.

c. d.

Energetică nucleară

Thorne, A. C. **Perfecţionările echipamentului de protecţie pentru sistemele de decontaminare nucleară.** Nuclear Energy, nr. 6, 1963, p. 145—156.

În orice instalaţie nucleară este necesară prevederea unei clădiri speciale pentru decontaminarea obiectelor contaminate radioactiv şi a unui echipament şi utilaj specializat pentru această operaţie.

În articol se tratează problema spaţiului prevăzut pentru decontaminare, indicîndu-se schiţele unei clădiri speciale, metodele de decontaminare, procedeele de spălare, manipularea deşeurilor radioactive etc. Se dă o atenţie deosebită echipamentului individual de protecţie, arătîndu-se, în circa 15 fotografii, tipurile de echipament pentru protecţia personalului împotriva diverselor categorii de radiaţii. Se insistă asupra sistemelor de răcire a echipamentelor din CPV, asupra autonomiei scafandrului, aparatului respirator etc. şi a modalităţilor de decontaminare a acestora. De asemenea se prezintă utilajul tehnic folosit la decontaminări, atît utilajul stabil din spaţiile prevăzute special pentru decontaminare cît şi utilajul mobil, destinat decontaminării spaţiilor infectate pe teritoriul centralei. În încheierea articolului se dau unele indicaţii privind noile concepţii în proiectarea echipamentului de protecţie.

a.f.

Gavrilov, P. A. şi Seliverstov, B. N. **Asupra problemei dinamicii instalaţiilor energetice nucleare.** Atomnaia energhiia Tom 15 (1963), fasc. 2, p. 115 — 120.

Autorii au construit un stand tehnologic pentru încercarea caracteristicilor centralei nucleare de la Beloiarsk. Ei au folosit acest stand pentru studiul caracteristicilor dinamice. Modelul matematic elaborat pentru interpretarea rezultatelor este în concordanţă atît cu datele experimentale obţinute la stand cît şi cu cele obţinute la o maşină analogică cu care s-a simulat standul tehnologic. Rezultatele elaborate de autori în articol pot servi la analiza şi sinteza sistemelor optime de reglare a unor centrale nucleare.

al. şt.

* * * **Simpozion privind alegerea teritoriului pentru reactoarele nucleare şi centrele de cercetări.** Atomnaia energhiia sept. 1963, p. 268 — 269.

În martie 1963 a avut loc la Bombay un simpozion cu privire la criteriile de alegere a amplasamentelor pentru reactoarele nucleare şi centrele de cercetări, la care au participat circa 120 oameni de ştiinţă din 12 ţări şi 5 organizaţii internaţionale. Au fost prezentate peste 40 referate cu privire la următoarele probleme :

— radioactivitatea în atmosferă în urma evacuării prin coş a produselor de fisiune;

— influenţa evacuării produselor de fisiune asupra alegerii amplasamentului instalaţiilor nucleare ;

— influenţa condiţiilor solului asupra alegerii amplasamentului;

— tratarea deşeurilor radioactive etc.

Din aceste referate a reieşit că alegerea amplasamentului pentru o centrală nuclearoelectrică se face pe baza unui compromis între două aspecte contradictorii. Din considerente economice, CNE trebuie să fie amplasată în apropiere de consumator, în timp ce, din punctul de vedere al securităţii, trebuie amplasată la distanţă mai mare.

Asupra alegerii amplasamentului influenţează mult condiţiile solului. Datele geologice şi hidrologice ale solului sînt importante pentru studierea asigurării securităţii teritoriilor alăturate (în special în cazuri de avarie), precum şi pentru studierea condiţiilor de evacuare a radioactivităţii.

Măsurile de securitate pentru o CNE depind de cantitatea de radioactivitate posibil de a fi eliberată, ca şi de factorii locali meteorologici şi hidrologici ce acţionează asupra dispersiei substanţelor radioactive. Legătura între densitatea de populaţie şi distanţa faţă de amplasament nu poate fi stabilită ca o regulă generală. Reactoarele nucleare pot fi construite şi în locuri cu densitate mare de populaţie dacă amplasamentul corespunde celorlalte cerinţe şi dacă măsurile necesare de limitare a avariilor sînt posibile din punct de vedere tehnic şi economic. Luarea măsurilor de securitate înlătură evacuarea iodului radioactiv, rămînînd ca pericolul de radiaţie să se limiteze, în general, la evacuarea gazelor inerte radioactiv. În acest fel se vor putea construi pe aceleaşi amplasamente reactoare cu puteri de 10 ori mai mari.

a. f.

Berger, M. şi Cemus, J. **Stabilirea preţului energiei electrice produse în centrale nucleare.** Energetika 13 (1963), nr. 9, p. 457 — 460.

Comparativ cu structura preţului de cost al energiei electrice de origine clasică, structura preţului de cost al kWh de origine nucleară este următoarea :

	UM	CTE	CNE
Cheltuieli fixe şi sarcini de capital	%	20	70
Combustibil	%	70	20
Exploatare şi regie	%	10	10

Specificul pentru calculul preţului de cost al kWh de origine nucleară este creşterea cotei cheltuielilor fixe. De asemenea, în domeniul cheltuielilor fixe intră cheltuielile pentru surplusul de combustibil de inventar, de agent de răcire etc. care intră însă şi ca o cotă în cheltuielile variabile, deoarece agentul de răcire se consumă (se descompune cu căldura, pierderi la curăţire etc.). O altă problemă o reprezintă cheltuielile legate de transportul combustibilului nuclear proaspăt şi iradiat, ca şi problema prelucrării acestuia.

1. Cheltuielile fixe se compun din :

Amortizări şi reparaţii generale:

Amortizări şi reparaţii generale ale instalaţiilor şi clădirilor.

Amortizări pentru investiţiile legate de cota fixă de combustibil nuclear.

Amortizări ale investiţiilor legate de agentul de răcire.

Salarii şi prime.

Reparaţii curente.

Cheltuieli de regie.

2. Cheltuielile variabile se compun din :

Cheltuieli pentru combustibilul nuclear:

Cheltuieli pentru partea de combustibil care se consumă.

Cheltuieli pentru fabricarea ansamblurilor de combustibil.

Cheltuieli pentru transportul combustibilului nuclear.

Cheltuieli pentru curăţirea şi rafinarea combustibilului.

Cheltuieli pentru partea de agent termic care se consumă.

Diverse cheltuieli variabile.

În articol se analizează fiecare din aceste cheltuieli, indicîndu-se formularele, metodologia de calcul, precum şi aspectele specifice ale calculului, fără a se indica însă valori concrete.

c.w.

* * * **Berkeley - problemele ridicate în timpul construcţiei.** Nuclear Engineering, vol. 8, (1963), nr. 84, p. 157 — 162.

Construirea unei centrale nucleare de 275 MW-e pune o serie întreagă de probleme. Dificultăţile întîlnite în timpul executării construcţiilor civile, al montajului vasului de presiune al reactorului, a zonei active şi în special a grafitului de moderator, a circuitului primar, a generatoarelor de vapori, cît şi a celorlalte componente ale centralei sînt prezentate în acest articol informativ. Pe lîngă o tabelă cu datele tehnologice principale, articolul mai conţine un desen în perspectivă al centralei cu secţiuni prin ea.

al. şt.

* * * **A devenit critic un mare reactor reproducător răcit cu sodiu.** Energy International, oct. 1963, p.5.

Centrala nuclearoelectrică „Enrico Fermi" din S.U.A. este echipată cu un reactor rapid reproducător răcit cu sodiu, cu o putere termică de 300 MW-t, respectiv o putere electrică de 100 MW-e (94 MW-e net).

Reactorul CNE „Enrico Fermi" este cel mai mare reactor rapid reproducător răcit cu sodiu. Construcţia şi exploatarea sa tebuie să demonstreze avantajele tehnice şi economice ale reactoarelor reproducătoare. Reactorul CNE „Enrico Fermi" a intrat în funcţiune la 23 august 1963. Încărcarea combustibilului în reactor a început la 12 iulie 1963 şi reactorul a devenit critic cînd cel de-al 99-lea element de combustibil a fost introdus în miez. După probele nucleare care s-au făcut la o putere termică de 1 MW-t timp de circa 6 luni, s-a primit aprobarea de a ridica puterea termică pînă la o valoare corespunzătoare unei puteri electrice de 65,9 MW-e. Instalaţia este proiectată pentru o putere finală de 156 MW-e. CNE „Enrico Fermi" are trei circuite de răcire serie, primele două cu sodiu şi al treilea cu apă. Pe fiecare circuit sînt prevăzute trei bucle de răcire independente.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS 1883

Miezul reactorului este format din două zone concentrice, zona interioară centrală, numită zona activă, unde se consumă combustibilul nuclear, şi zona anterioară în care are loc reproducerea combustibilului nuclear. La funcţionarea la plină sarcină coeficientul de reproducere este de 1,16— 1,20.

Caracteristicile tehnice ale CNE „Enrico Fermi”

Putere termică	300 MW-t
Putere electrică	100 MW-e
Agent termic în circuitul primar	sodiu
Presiunea la intrare în reactor	6,47 at
Nr. de bucle ale circuitului primar	3
Temperatura la intrarea în reactor	288°C
Temperatura la ieşirea din reactor	427°C
Debitul de sodiu	$3 \times 2{,}10^3$ t/oră

Circuitul secundar

Agent termic	sodiu
Presiunea de lucru	2,11 at
Temp. la intrarea în schimbătorul primar	260°C
Temp. la ieşirea din schimbătorul primar	399°C
Debitul de sodiu	$3 \times 2{,}10^3$ t/oră

Circuitul terţiar, apă-abur

Agent termic	apa obişnuită
Presiune de lucru	42,2 at.
Temperatura apei	204 °C
Temperatura aburului	393°C
Debit de abur	3×155 t/h

Combustibilul

Fisionabil (activ)	uraniu^{235}
Grad de îmbogăţire	27%
Cantitatea totală de U^{235}	485 kg
Numărul de ansamble de combustibil în zona activă	91
Idem, în zona de recuperare	572
Temperatura maximă a combustibilului	704°C
Temperatura îmbrăcăminţii combustibilului	549°C

Barele de reglare

Numărul de bare	10 (8 de siguranţă şi 2 de reglare)
Materialul barelor	carbură de bor.

Vasul de presiune al reactorului

Materialul	oţel inoxidabil
Greutatea	340 t (împreună cu placa rotativă din partea superioară).

c. w.

Abonaţi-vă

pentru anul 1964 la revistele tehnice:

Revista Minelor
Energetica

editate de Ministerul Minelor şi Energiei Electrice în colaborare cu Consiliul Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R.

Abonamentele se primesc pe adresa IPROMIN, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie, Bucureşti, telefon 13.26.45.
Contul de virament nr. 040.020.14-B.I. Filiala Bucureşti

Costul unui abonament este:
– pentru instituţii 100 lei anual;
– pentru salariaţi 30 lei anual.

Revista „ENERGETICA”, organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Strada Sfintul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia: „IPROMIN” Bucureşti, Calea Victoriei nr 109, Raionul 30Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN” — Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „INFORMAŢIA”, Bucureşti c. 4581.

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr 560/11967/1962

41 401

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-ştiinţifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrări** ce pot fi prezentate spre publicare :

1.1.1. de importanţă generală **(principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;**

1.1.2. tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale, **avînd contribuţii originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;**

1.1.3. tehnice obişnuite **(expunerea studiului unor probleme tehnico-ştiinţifice, discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).**

1.2. Legătura cu practica **muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.**

1.3. Verificarea experimentală **se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.**

1.4. **Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.**

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. Organizarea lucrării.

2.1.1. Titlul **va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.**

2.1.2. Numele **autorului va fi precedat de prenume.**

2.1.3. Un scurt rezumat **fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.**

2.1.4. **Împărţirea pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.**

2.1.5. Textul. **În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic ilustrativ, tabele etc.**

2.1.6. Concluziile **vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.**

2.1.7. Anexele **pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formelor din text ; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.**

2.1.8. Citarea literaturii de specialitate. **Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.**

2.2. Prezentarea **lucrării :**

2.2.1. Nivelul **articolelor va fi înalt.**

2.2.2. Stilul. **Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări, cu excepţia celor unanim recunoscute.**

2.2.3. Dezvoltările matematice **vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului matematic. Sînt suficiente, în general, punerea în ecuaţie şi indicarea rezultatelor. Pentru demonstraţii se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).**

2.2.4. Tabelele **se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă şi diagramă. Tabelele vor fi referite în text şi se va indica sursa lor.**

2.2.5. Materialul grafic ilustrativ **(figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară şi intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text şi vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.**

2.2.8. Sistematizarea şi numerotarea **capitolelor se vor face cu grijă, evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.**

2.3. Forma exterioară a lucrării :

2.3.1. Terminologie, mărimi şi unităţi. **Se recomandă a fi conforme cu normele internaţionale şi STAS în vigoare.**

2.3.2. Scrierea formulelor. **Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în paranteze rotunde, în dreapta.**

2.3.3. Figurile **trebuie executate unitar şi raţional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicaţia figurilor se va face pe o pagină separată.**

2.3.4. Notele **din text se numerotează în continuare.**

2.3.5. Citarea **literaturii în text se face prin simpla indicare a poziţiei lucrării în cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte menţiuni.**

2.3.6. Lista bibliografică **se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteze), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.**

2.3.7. Scrisul la maşină **al articolelor este recoamndat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură faţă, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.**

2.3.8. **Paginaţia se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.**

2.3.9. Expedierea. **Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A 4 şi cu plicul conţinînd materialul grafic ilustrativ anexat.**

3. RELAŢII CU REDACŢIA

3.1. **Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.**

3.2. **Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. În notă se vor indica : titluri academice, funcţiuni, localitatea şi adresa, nr. de telefon.**

3.3. **Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora de publicare.**

3.4. **Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.**

3.5. **Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esenţiale faţă de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.**

ÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS
NTÁCIÓS
1963

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.221.3

Sipiceanu, *M.* и *Prişcu*, *R.*: **ГЭЦ им. 16 февраля-Арджеш**

В статье обобщаются основные вопросы связанные с исследованием, проектированием и сооружением ГЭЦ им. 16 февраля — Арджеш. Освещается новая концепция в области водного хозяйства, в отношении скопления дебитов важного гидрографического бассейна в форме крупного водоема и их использование в виде единого падения на р. Арджеш. Таким образом, план комплексной эксплуатации озера у Видрару дает возможность производить электроэнергию и в то же время удовлетворить потребности в воде на территории бассейна р. Арджеш, основным потребителем которой является столица страны.

Energetica 12 (1964). № 1. стр. 3–12

ДК 624.04 : 621.2

Borza, *N.* и *Hristoforov*, *A.*: **Применение новейшей техники при проектировании энергетических сооружений**

Осуществленные в Румынии за последнее 15-летие энергетические сооружения были спроектированы Бухарестским научнопроектным энергетическим институтом (ISPE). Внедрение новой техники на проектируемых энергетических объектах, впечатляющих своими размерами, осуществлялось постепенно, с учетом возможностей строителей. В настоящее время освоен ряд решений на уровне новейшей техники.

Energetica 12 (1964). № 1. стр. 12–21

ДК 624.057 : 621.2

Vicol, *P.*: **Новая техника в строительстве и монтаже энергетических установок**

Проводится обзор основных достижений за последние годы строительно-монтажногоэнергетического треста и намечаются дальнейшие перспективы на следующие 2—3 года.

Energetica 12 (1964). № 1. стр. 22–29

ДК 621.311.25.001.1

Wlezek, *C.* и *Florescu*, *A.*: **Месторасположение ядерноэлектрических станций.**

Energetica 12 (1964). № 1. стр. 30–38

ДК 621.317.333.4

Rothman, *A.* и *Cristescu*, *D.*: **Прямой метод расчёта несимметричных дефектов**

Предлагаемый в статье метод является более коротким путем решения несимметричных задач, исходя из уравнений, написанных непосредственно для трехфазных систем, с применением собственных и взаимных реактивных сопротивлений.

Energetica 12 (1964). № 1. стр. 39–44

ДК 625.745.8

Vîlciu, *Cr.* и *Ioniţă*, *G.*: **Вопросы проектирования осветительных установок на площадях и перекрестках**

Разбираются основные вопросы проектирования осветительных установок на площадях и перекрестках: установление уровня освещения, выбор световых источников, выбор светильников, размещение источников и др.

Energetica 12 (1964). № 1. стр. 44–57

ХРОНИКА

ДК 69 (063)

Совещание строителей из проектно-строительных организаций в рамках министерства шахт и электроэнергии.

Energetica 12 (1964). № 1. стр. 58

РЕЦЕНЗИИ ● ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.221.3

Sipiceanu, *M.* und *Prişcu*, *R.*: **Das Wasserkraftwerk ,,Der 16. Februarie ''auf dem Argeş**

Der Verfasser bietet einen zusammenfassenden Ueberblick über die bedeutendsten, durch den Bau des Wasserkraftwerks ,,Der 16. Februarie" auf dem Fluss Argeş der Forschung, Projektierung und Ausführung gestellten Aufgaben. Durch Anwendung neuester Auffassungen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft, werden die Dargebote eines wichtigen Einzugsgebiets in einem grossen Becken eingestaut und in einem einzigen Fall energiewirtschaftlich ausgewertet. Als Mehrzweckanlage wird, durch entsprechende Gestaltung des Betriebsplans, der Stausee Vidraru, neben der Erzeugung elektrischer Energie auch den wasserwirtschaftlichen Belangen der Anreiner des Argeş Rechnung tragen, deren wichtigster Konsument die Landeshauptstadt ist.

Energetica 12 (1964). H. 1. S. 3–12

DK 624.04 : 621.2

Borza, N. und Hristoforov, *A.*: **Moderne technische Verfahren in den Entwürfen für die Bauten der Energiewirtschaft**

Die Entwürfe der in den letzten 15 Jahren in der Rumänischen Volks-Republik für Energieerzeugung und-verteilung ausgeführten Bauten sind von dem Institut für energiewirtschaftliche Forschungen und Projektierung (ISPE) Bukarest ausgearbeitet worden. In den Entwürfen wurden schrittweise moderne technische Verfahren eingeführt, nach Massgabe deren Aneignung durch die ausführenden Bauunternehmungen. Zur Zeit werden allgemein in der Projekten modernste technische Verfahren für den Bau der sich durch ihre beachtliche Grösse auszeichnenden Kraftanlagen angewendet.

Energetica 12 (1964). H. 1. S. 12–21

DK 624.057 · 621.2

Vicol, *P.*: **Moderne technische Verfahren bei Bau und Montage von Kraftanlagen**

Nach Darstellung der bedeutendsten in den letzten Jahren von dem Trust für Bau und Montage von Karftanlagen ausgeführten Werke, werden die auf diesem Gebiet in den nächsten Jahren zu erfüllenden Aufgaben erörtert.

Energetica 12 (1964). H. 1. S. 22–29

DK 621.311.25.001.1

Wlezek, *C.* und *Florescu*, *A.*: **Standortbestimmung von Kernkraftwerken**

Energetica 12 (1964). H. 1. S. 30–38

DK 621.317.333.4

Rothman, *A.* und *Cristescu*, *D.*: **Direktes Berechnungsverfahren unsymmetrischer Störungen**

Das in dem Beitrag darsgestellte Verfahren bietet die Möglichkeit einer direkten Lösung der durch die Unsymmetrie gestellten Fragen, in dem an Hand eigener und gegenseitiger Impedanzen von den unmittelbar aus dem Drehstromnetz hervorgehenden Gleichungen ausgegangen wird.

Energetica 12 (1964). H. 1. S. 39–44

DK 625.745.8

Vîlciu, *Cr.* und *Ioniţă*, *G.*: **Fragen des Entwurfs vom Beleuchtungsanlagen für Plätze und Kreuzungen**

Die wichtigsten Aufgaben der Projektierung von Beleuchtungsanlagen für Plätze und Strassenkreuzungen werden erörtert: Bestimmung der Beleuchtungsdichte, Wahl der Lichtquellen und der Leuchtkörper, Anlagen der Leuchten.

Energetica 12 (1964). H. 1. S. 44–57

CHRONIK

DK 69 (063)

Tagung der Baufachleute aus den Bau- und Projektierungsunternehmungen des Ministeriums für Bergbau und Elektro-Energie

Energetica 12 (1961). H. 1. S. 58

REZENSIONEN ● DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.221.3

Sipiceanu, M. et *Prişcu, R.*: **La centrale hydroélectrique ,,16 Februarie" sur l'Argeş**

L'article est une synthèse des principaux problèmes concernant les recherches, l'établissement de projets et l'exécution de la hydrocentrale ,,16 Februarie" sur la rivière Argeş. On expose la nouvelle conception sur l'économie des eaux, suivant laquelle on concentre les débits d'un bassin hydrographique important dans un grand lac d'accumulation et on les emploient dans une seule chute sur la rivière Argeş. Le plan d'exploitation complexe du lac de Vidraru permet, de cette manière, à part la production d'énergie électrique, la satisfaction des nécéssités d'eau des riveraines du Argeş, dont le principal consommateur est la capitale du pays.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 3–12

CD 624.04 : 621.2

Borza, N. et *Hristoforov, A.*: **La technique moderne dans l'établissement des projets des constructions énergétiques**

Les projets des constructions énergétiques réalisées en Roumanie pendant les 15 dernières années ont été établis par l'Institut d'étude et de projets énergétiques (ISPE) de Bucarest. La technique moderne a été appliquée progréssivement pendant la réalisation des objets énergétiques, remarquables par leur ampleur, en tenant compte des possibilités des entreprises de construction. Actuellement l'application des solutions basées sur la technique moderne est généralisée.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 12–21

CD 624.057 : 621.2

Vicol, P: **La technique moderne dans la construction et le montage des installations énergétiques**

L'auteur énumère les principales réalisations obtenues durant les dernières années par le Trust de construction et montage énergétiques et montre les perspectives des années à venir.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 22–29

CD 621.311.25.001.1

Wlezek, C. et *Florescu, A*: **L'emplacement des centrales nucléaires**

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 30–38

CD 621.317.333.4

Rothman, A. et *Cristescu, D.*: **Méthode directe de calcul des défauts non-symétriques**

La méthode exposée permet une solution plus directe des problèmes de non-symétrie, partant des équations appliquées directement sur le système triphasé et utilisant les impédances propres et mutuelles.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 39–44

CD 625.745.8

Vîlciu, Cr. et *Ioniţă, G.*: **Quelques problèmes concernant l'établissement des projets d'installations pour l'éclairage des places et des intersections**

On étudie les principaux problèmes concernant les installations d'éclairage des places et des intersections: niveau d'éclairage, choix des sources lumineuses, choix des corps d'illumination, disposition des sources etc.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 44–57

CHRONIQUE

CD 69(063)

La Conférence des constructeurs appartenant aux organisations de construction et de projets du Ministère des Mines et de l'Energie Electrique

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 58

COMPTES-RENDUS ● DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.221.3

Sipiceanu, M. and *Prişcu, R.*: **The Hydroelectric Plant ,,16 Februarie" on the Argeş**

This article is a synthesis of the main problems concerning research, design and building-up connected with the achievement of the hydro-power plant ,,16 Februarie" on the river Argeş. It presents the new outlook on river developments, the waters of one big catchment basin being gathered up into a single storage reservoir and used by a single head on the river Argeş. The plan for the complex development of the lake Vidraru will allow, in addition to the production of power, to satisfy the water requirements in the Argeş area, where the main consumer is the town of Bucarest.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 3–12

DC 624.04 : 621.2

Borza, N. and *Hristoforov, A.*: **New techniques in the design of power constructions**

The constructions for power development carried out in Rumania during the last fifteen years, were designed by the Institute for Power Studies and Design (ISPE) in Bucarest. The new techniques were applied to the remarkably extensive power projects designed by the Institute, step by step, taking into account the building possibilities of the entreprises. At present, solutions based on the new techniques are generalized.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 12–21

DC 624.057 : 621.2

Vicol, P.: **Power installations—new techniques in building and assembling**

The author examines the best results obtained in the last-years by the Power Trust for Construction and Assembly and mentions the prospects for the next few years.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 22–29

DC 621.311.25.001.1

Wlezek, C. and *Florescu, A.*: **Siting of nuclear power plants.**

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 30–38

DC 621.317.333.4

Rothman, A. and *Cristescu, D.*: **Method for direct calculation of non-symmetric faults**

The method presented by the authors allows a more direct solution for problems of non-symmetrical faults by starting from equations written directly on the three-phase system and using characteristic and mutual impedances.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 39–44

DC 625.745.8

Vîlciu, Cr. and *Ioniţă Georgeta*: **Design problems in the illuminating of squares and crossings**

Main problems concerning the illuminating equipment for squares and crossings are discussed, such as: lighting levels, light sources luminaires, lay-out of the light sources etc.

Energetica 12 (1964), no. 1, p. 44–57

COMMENTARY

DC 69 (063)

Conference of constructions workers from the design and building enterprises within the Ministry of Mines and Electric Energy.

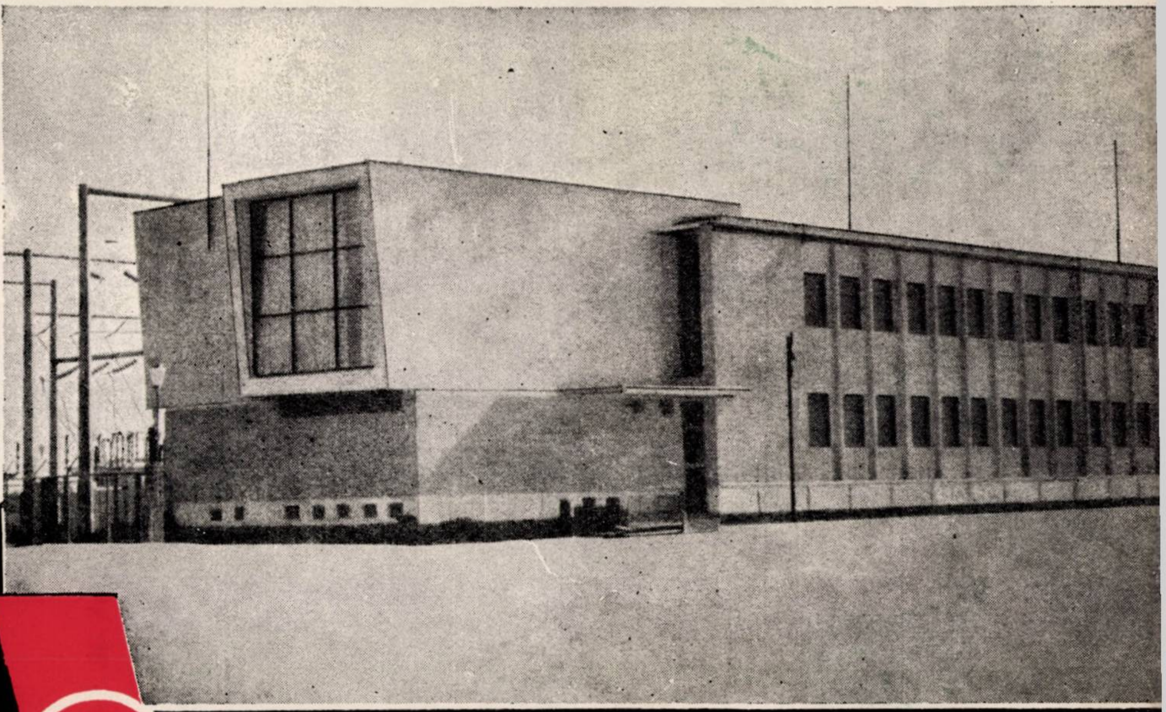
Energetica 12 (1964), no. 1. p. 58

REVIEWS ● DOCUMENTATION

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

I
D
E
B

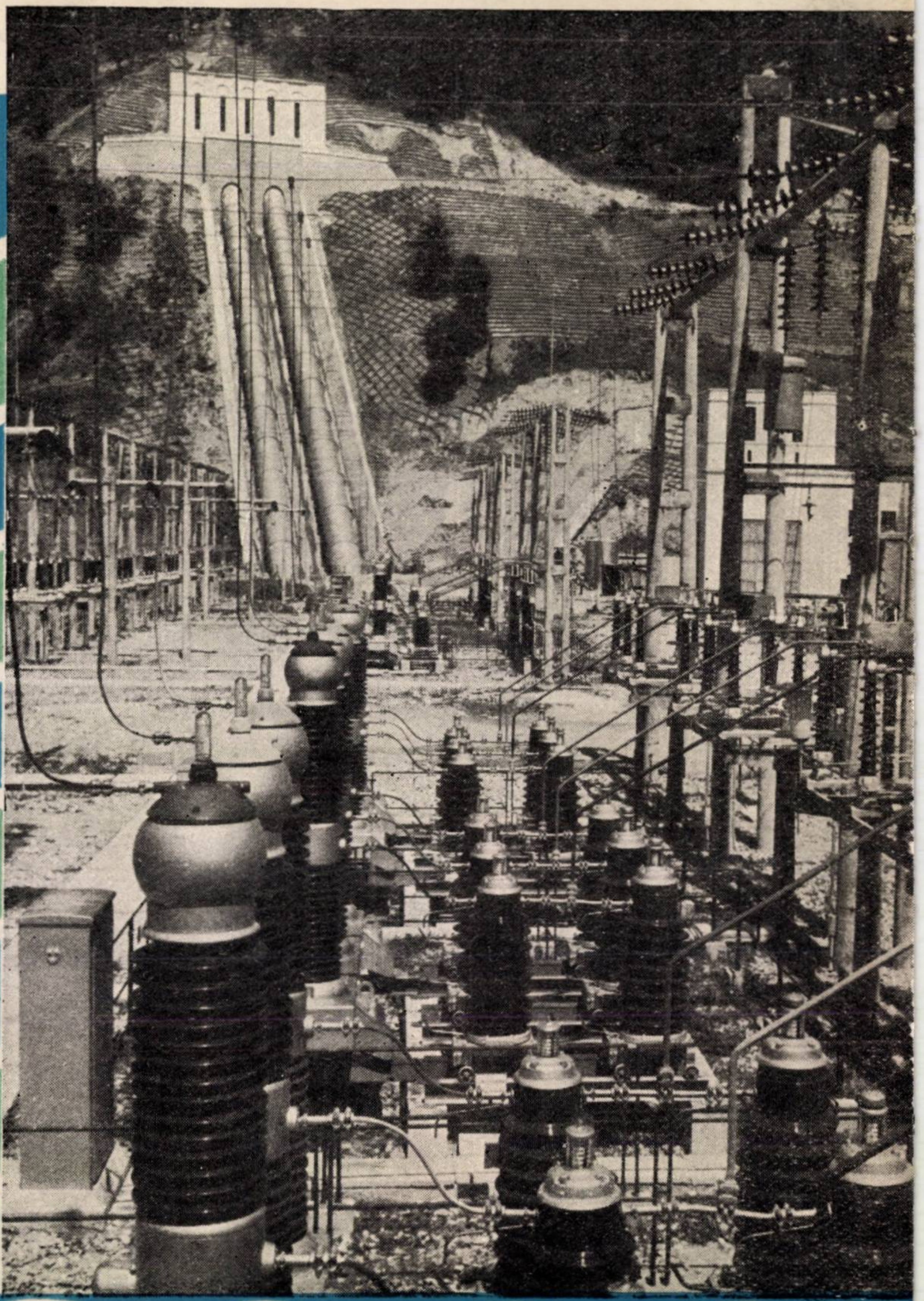
ÎNTREPRINDEREA DE DISTRIBUIRE A ENERGIEI ELECTRICE BUCUREȘTI



STAȚIA DE
TRANSFORMARE
110/15/10 kV MILITARI,
PROIECTATĂ ȘI EXPLOATATĂ
DE IDEB

BUCUREȘTI • BD. 1 MAI NR. 41—43 • TEL. 180800

VEDERE PARȚIALĂ A STAȚIEI DE TRANSFORMARE EXTERIOARĂ DE 110 kV — BICAZ



I.C.H. BISTRIȚA

INTREPRINDEREA DE CENTRALE HIDROELECTRICE

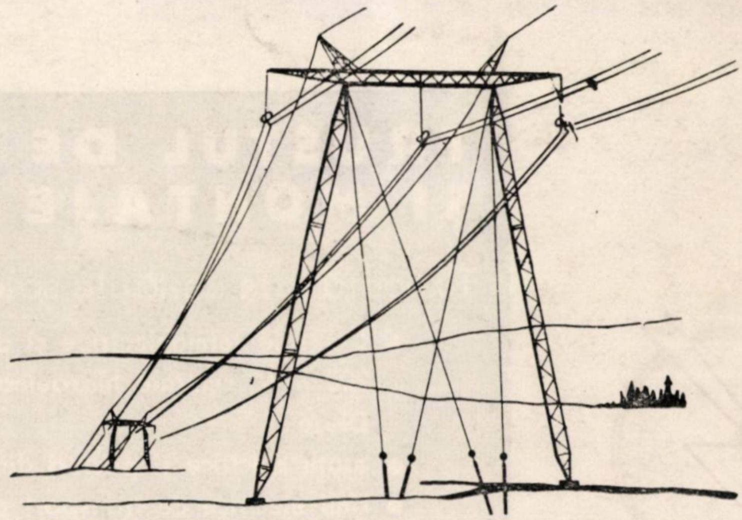
RD_19

2039

R

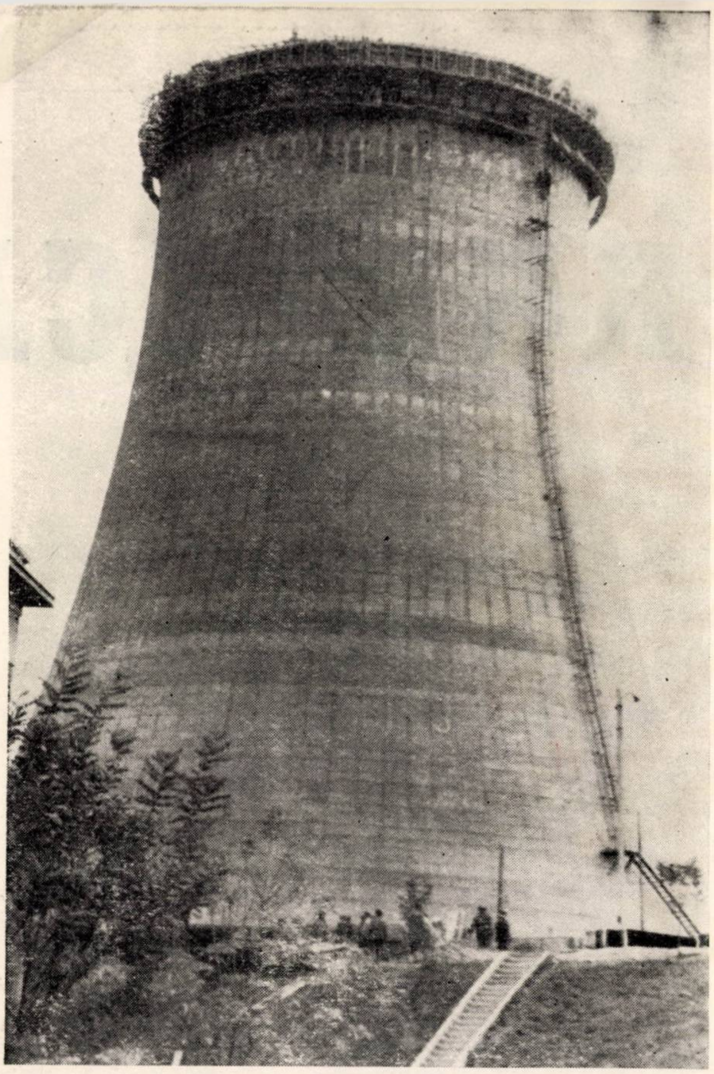
ENERGETICA

VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 2 ★ ENERGETICA



2

BUCUREȘTI ★ FEBRUARIE ★ 1964



TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCȚII
ȘI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unitățile sale de construcții și montaj:

- Centrale termoelectrice și de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Stații electrice și posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuție.
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați.
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice.
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție.

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.30

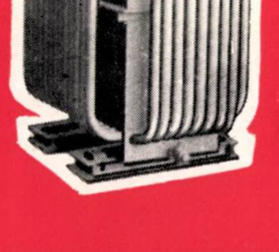
INTREPRINDEREA DE ELECTRICITATE SIBIU

• STR. UZINEI Nr. 1-3

ATELIERELE SECȚIEI DE REPARAT MAȘINI ELECTRICE ALE

ÎNTREPRINDERII DE ELECTRICITATE SIBIU

Str. Uzinei nr. 1–3 — Telefon 6050

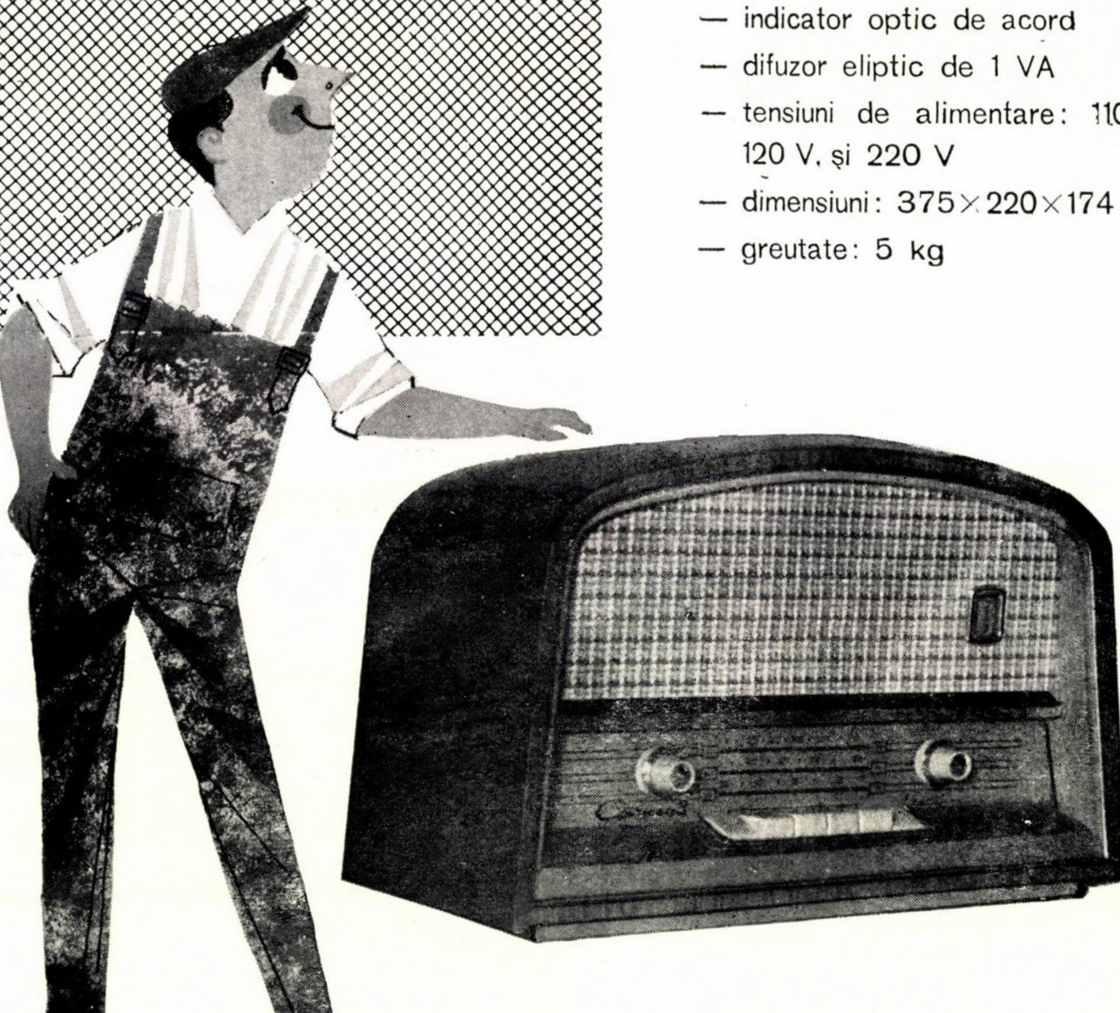


- **CONSTRUIESC**
  BOBINE DE STINGERE PENTRU COMPENSAREA REȚELELOR DE 6 ȘI 15 kV
- **REPARĂ**
  TRANSFORMATOARE DE FORȚĂ PÎNĂ LA 20 MWA INCLUSIV,
  MOTOARE ELECTRICE
- **RECONDIȚIONEAZĂ**
  ULEIURI DE TRANSFORMATOR
- **EXECUTĂ ANALIZE COMPLEXE**
  DE ULEIURI IZOLANTE

CARMEN 3

RADIORECEPTOR cu:

- schimbător de lungimi de und sistem claviatură
- receptor de tip superheterodin cu 3 + 2 tuburi electronice
- 3 game de unde: UL, UM, US
- indicator optic de acord
- difuzor eliptic de 1 VA
- tensiuni de alimentare: 110 V 120 V, și 220 V
- dimensiuni: 375 × 220 × 174 m
- greutate: 5 kg



PRODUS DE UZINELE

Electronica

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 2 FEBRUARIE 1964

Cuprins

Număr special, consacrat celei de-a III-a Conferinţe pentru economia energetică în industrie — Varşovia 1963

A III-a Conferinţă pentru economia energetică în industrie. Varşovia, 23-26 sept. 1963 65—68

Gayraud, J., Moldoveanu, N. şi Nagy, C. **Prezentarea unui sistem coerent de indicatori de consum specific de energie** 68—77

Caracudovici, V. şi Dorfman, E. **Contribuţii la normarea consumurilor specifice de energie în cazul producţiilor neomogene** 77—81

Marcu, B., Mihail, E., Palade, I. şi Donos, A. **Compensarea vîrfului de sarcină în industria cimentului** 82—87

Pănoiu, N., Singer, G., Carabogdan, I., Crăciuneanu, C. şi Schwartz, M. **Stadiul actual al dezvoltării în R.P.R. a cazanelor industriale pentru arderea combustibililor inferiori şi a unor deşeuri industriale** 88—96

Pimsner, V. **Probleme energetice ale asigurării debitelor de gaze naturale necesare consumatorilor industriali** 97—101

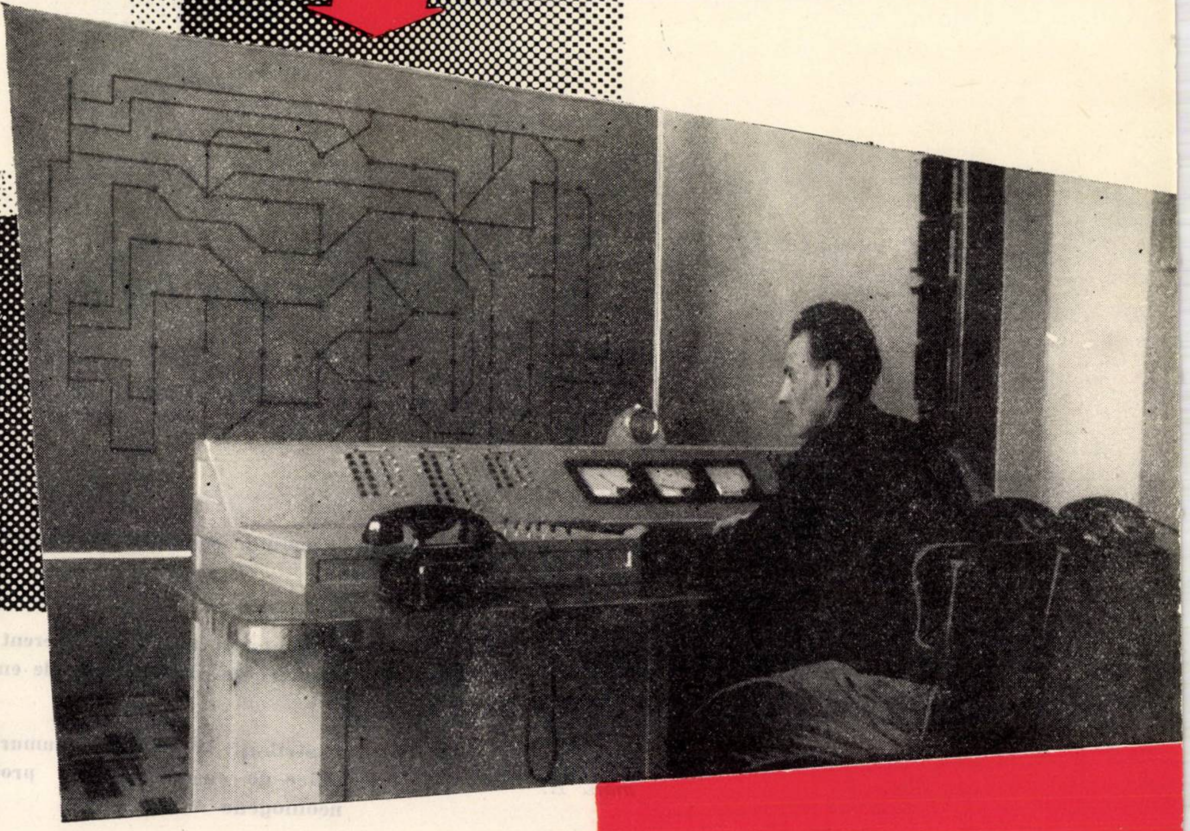
Antonescu, N. **Funcţionarea cazanelor cu inerţie termică mică în exploatarea industrială şi energetică** 102—106

Rezumatele referatelor generale pe grupele de probleme la cea de-a III-a Conferinţă pentru economia energetică în industrie 107—113

Rezumatele unor referate prezentate la cea de-a III-a Conferinţă pentru economia energetică în industrie 113—116

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. Popa, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL



I.R.C. BACĂU

DE LA CAMERA DE TELECOMANDĂ DIN ORAȘUL BACĂU SE POATE EFECTUA:

- **telecomanda aprinderii iluminatului public din întreg orașul, precum și telesemnalizarea funcționării acestuia;**
- **telecomanda întrerupătoarelor de 6 kV din cinci posturi de transformare, precum și telesemnalizarea poziției lor;**
- **telesemnalizarea deranjamentelor în posturile din oraș.**

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12
1964
Nr. 2
FEBRUARIE

A III-a Conferință pentru economia energetică în industrie

— Varșovia, 23-26 septembrie 1963 —

Între 23 și 26 septembrie 1963 s-au desfășurat la Varșovia lucrările celei de-a III-a Conferințe pentru economia energetică în industrie, organizată prin grija Federației Generale Tehnice din Republica Populară Polonă (N.O.T.). Această conferință face parte dintr-un ciclu de conferințe bienale inițiat în anul 1959 de către Asociațiile tehnice maghiare, care au organizat la Budapesta prima conferință în octombrie 1959 și a doua în octombrie 1961.

Cu ocazia celei de-a doua conferințe, la Budapesta, Federația Generală Tehnică a Poloniei și-a luat sarcina organizării celei de-a 3-a Conferințe și a constituit în acest scop un comitet de onoare, format din nouă demnitari, în frunte cu Jan Mitrega, ministrul Minelor și Energiei Electrice al Republicii Populare Polone, și un comitet de organizare, format din 22 personalități ale energeticii poloneze, sub președinția prof. Czestaw Mejro de la Politehnica din Varșovia, președintele Federației Generale Tehnice din Republica Populară Polonă.

Lucrările conferinței s-au desfășurat în două săli ale Palatului Științei și culturii din Varșovia.

Limbile oficiale ale conferinței au fost : engleza, franceza, germana, rusa și polona. În tot timpul lucrărilor a fost asigurată traducerea simultană, prin căști, în cele cinci limbi oficiale.

În tematica conferinței au intrat cinci grupe de probleme, grupate în două secții :

Secția A — cu trei grupe :

Grupa A_1 — Probleme generale ale bilanțurilor și indicatorilor energetici.
Grupa A_2 — Bilanțurile energetice ale întreprinderilor industriale.
Grupa A_3 — Indici și norme de consum de energie.

Secția B — cu două grupe :

Grupa B_1 — Alegerea purtătorilor de energie și a parametrilor instalațiilor producătoare de energie.
Grupa B_2 — Alegerea parametrilor aparatelor receptoare de energie.

În cadrul conferinței au fost prezentate :

2 rapoarte introductive ale președinților de secții ;

5 rapoarte generale pe grupe, ale președinților de grupe ;

47 referate ale participanților, și anume :

8 referate la grupa A_1 ;
7 referate la grupa A_2 ;
14 referate la grupa A_3 ;
12 referate la grupa B_1 ;
6 referate la grupa B_2 ;

2 rapoarte de încheiere ale președinților de secții ;

1 raport de concluzii generale al președintelui conferinței.

La conferință au participat, în afară de un număr mare de specialiști din Republica Populară Polonă, și 121 specialiști străini, din nouă țări.

Participarea pe țări a fost următoarea :

	Țările participante	Număr de participanți *	Număr de referate **
1	Republica Populară Polonă	—	16
2	Republica Populară Bulgaria	6	2
3	Republica Socialistă Cehoslovacă	15	6
4	Republica Democrată Germană	23	8
5	Republica Populară Romînă	11	7
6	Republica Populară Ungară	59	4
7	U.R.S.S.	2	—
8	Republica Federală Germană	2	4
9	Franța	2	—
10	Italia	1	—
	Total	121	47

* numai participanți străini.
** exclusiv referate generale pe secții si grupe de probleme.

Rapoartele introductive, rapoartele generale pe grupe, rapoartele de concluzii pe secții și raportul de concluzii generale au fost elaborate de specialiști din R.P.P.

Delegația romînă a fost formată din : ing. Nicolae Moldoveanu, inspector general adjunct al Inspecției energetice, ing. J. Gayraud, șeful Inspecției energetice regionale București, ing. George Panaitescu, șeful grupei de norme de consum din Direcția energiei din C.S.P., ing. Victor Caracudovici, cercetător principal la Institutul de energetică al Academiei R.P.R., ing. Rodion Scraba, director adjunct al Direcției investitiții din M.I.A., ing. Gheorghe Paravani, din Institutul de proiectări pentru industria alimentară, ing. Eugen Lăzărescu, energetic șef al M.I.U., ing. Eugen Cătălin, șeful serviciului energetic al M.I.P.C., ing. Anton Caraman, din serviciul termotehnic din M.I.P.C., ing. Emil Mihail, energetic șef al M.I.C., și ing. Ionel Palade, din Institutul de cercetări și proiectări pentru materiale de construcții.

Lucrările conferinței au început luni 23 sept. după-amiază, printr-o ședință plenară de deschidere, în care s-au prezentat rapoartele introductive ale celor două secții de către președinții acestor secții: ing. Zdzislaw Bibrowsky pentru secția A; prof. dr. ing. Kazimierz Kopecki pentru secția B.

În zilele de 24 și 25 septembrie au avut loc, în paralel, ședințe (cîte două pe zi) pe secții, în care s-au prezentat succesiv rapoartele generale pe grupe de probleme și s-au purtat discuții asupra problemelor respective.

Raportorii pe grupe de probleme au fost:

— pentru grupa A_1, ing. Czeslaw Dabrowsky;

— pentru grupa A_2, prof. ing. Lucjan Nehrebecki;

— pentru grupa A_3, ing. Wladislaw Sroczynski;

— pentru grupa B_1, prof, ing. Stanislaw Andrzejewski;

— pentru grupa B_2, dr. ing. Bogumil Staniszewski.

Lucrările grupelor A_1 și A_2 au durat cîte o ședință, iar lucrările pe celelalte grupe au durat cîte două ședințe.

Joi 26 sept., în ședință plenară, s-au prezentat concluziile celor două grupe de către cei doi președinți de grupă, pe baza cărora, președintele conferinței, prof. Czeslaw Mejro, a pus concluziile generale.

În zilele de 26 și 27 sept. 1963 au fost organizate două excursii:

Prima excursie, pe itinerarul Varșovia—Chodakow—Zelazowa Wola—Debe—Varșovia, în cadrul căreia s-au vizitat întreprinderea de fibre artificiale de la Chodakow, centrala electrică de la Debe și unele obiective turistice.

A doua excursie, pe itinerarul Varșovia—Cracovia—Kattowice—Varșovia, în cadrul căreia s-au vizitat fabrica de țigarete Czyzny, centrala electrică a minelor Walenty Wawel și unele obiective turistice.

Materialele conferinței au fost puse la dispoziția participanților în 8 volume (volumele IV—VIII fiind remise anticipat), și anume:

Vol. I — Rapoartele introductive ale președinților de secții.

Vol. II — Rapoartele generale ale președinților de grupe din secția A;

Vol. III — Rapoartele generale ale președinților de grupe din secția B;

Vol. IV — Referatele grupei A_1;

Vol. V — Referatele grupei A_2;

Vol. VI — Referatele grupei A_3;

Vol. VII — Referatele grupei B_1;

Vol. VIII — Referatele grupei B_2.

Referatele sînt, în general, însoțite de rezumate în limbile: franceză, germană, engleză și rusă.

În ședințe nu s-au expus referatele, ci s-au făcut numai discuții, pe bază de înscrieri anticipate.

Participarea la discuții a fost activă, viu discutate fiind în special problemele de la grupa A_3.

Dintre delegații romîni au luat cuvîntul în cadrul discuțiilor:

— la grupa A_1, ing. Jean Gayraud, care a prezentat unele probleme generale în legătură cu noțiunile de bază legate de întocmirea bilanțurilor energetice;

— la grupa A_2, ing. George Panaitescu, care a prezentat aspecte din metodica de planificare curentă a necesarului de energie folosită în R.P.R.;

— la grupa A_3, ing. N. Moldoveanu și ing. J. Gayraud, care au luat poziție față de unele păreri exprimate în referate și în raportul general al grupei A_3 privind definițiile și conținutul indicatorilor de consum specific;

— la grupa B_1, ing. E. Cătălin, care a arătat unele rezultate tehnico-economice ale studiilor făcute în R.P.R. privind folosirea în rafinăriile de petrol a acționărilor electrice în locul celor cu abur.

*

În numărul de față al revistei se publică lista referatelor prezentate la conferință, textul referatelor întocmite de către specialiștii romîni*, precum și rezumatele rapoartelor generale pe grupe de probleme.

J. G. și N. M.

---

* Se exceptează referatele figurînd în listă la punctele A_{3-9} [care a apărut — sub formă amplificată — în „Studii și cercetări de energetică", seria A, vol. XIII (1963), nr. 4] și B_{1-4} [care a apărut în „Petrol și Gaze" vol. 14 (1963) nr. 9].

Lista referatelor prezentate la cea de-a III-a Conferință pentru economia energetică în industrie

Secția A: **Indicatorii consumurilor specifice de energie**

Bibrowski Zdzislaw: Raport introductiv pentru problemele secției A R.P.P.

Grupa A_1: *Probleme generale ale bilanțurilor și indicatorilor energetici*

A_{1-1} Dabrowski Czeslaw: Raport general al grupei A_1 R.P.P.

A_{1-2} Brendel Rudolf: Utilizarea diferitelor feluri de gaze combustibile la consumatorii industriali (studiu metodologic) R.D.G.

A_{1-3} Callenberg Waldemar: Comparația energetică a exploatărilor industriale pe baza unor sisteme de indici adecvați R.D.G.

A_{1-4} Fahrner Rudolf: Căi pentru ridicarea nivelului energetic al exploatărilor industriale R.S.C.

A_{1-5} Marx Dieter: Determinarea factorilor care influențează precizia posibilă în condiții de exploatare a măsurătorilor pentru elaborarea normelor de consum de energie R.D.G.

A_{1-6} Mueller Herbert F.: Schiță a unei teorii energetice cu privire la energetica industrială R.F.G.

A_{1-7} Riesner Willi: Probleme economice ale valorificării căldurii reziduale R.D.G.

A_{1-8} Simon Walther: Probleme termoenergetice ale proceselor tehnologice R.F.G.

A_{1-9} Warczewski Zdzislaw: Sistemul și metoda de calcul a indicilor de consum specific ai diferiților purtători de energie în industrie R.P.P.

Grupa A_2: *Bilanțurile energetice ale întreprinderilor industriale*

A_{2-1} Nehrebecki Lucjan: Raport general al grupei A_2 R.P.P.

A_{2-2} Beckmann Hans Joachim: Indici de consum de energie pentru planificarea necesarului de putere al exploatărilor industriale R.D.G.

A_{2-3} Folwarczny Jozef: Controlul proceselor complexe de ardere R.P.P.

A_{2-4} Kwiatkowski Marian, Missala Tadeusz, Wiktor Szacki: Efectuarea măsurătorilor de bilanț termic ca metodă de analiză a indicilor energetici în industria chimică R.P.P.

A_{2-5} Peter Lazar: Rolul indicilor de consum specific de energie în planificarea necesarului de energie în industrie R.P.U.

A_{2-6} Malik Jiri, Vrtek Jaromir: Considerații asupra necesarului de energie al combinatelor siderurgice R.S.C.

A_{2-7} Ordenga Jerzy: Balanța de combustibil și energie electrică a unei întreprinderi industriale R.P.P.

A_{2-8} Pimsner Victor: Probleme energetice ale asigurării debitelor de gaze naturale necesare consumatorilor industriali R.P.R.

Grupa A_3: *Indici și norme de consum specific de energie*

A_{3-1} Sroczynski Wladyslaw: Raport general al grupei A_3 R.P.P

A_{3-2} Benda Oldrich: Clasificarea normelor R.S.C.

A_{3-3} Caracudovici Victor, Dorfman Emil: Contribuții la normarea consumurilor specifice de energie în cazul producțiilor neomogene R.P.R.

A_{3-4} Gayraud Jean, Nagy, Csaba Moldoveanu Nicolae: Prezentarea unui sistem coerent de indicatori de consum specific de energie R.P.R.

A_{3-5} Lipka Ceslav: Problematica indicilor de consum de energie la exploatarea turbocompresoarelor de mină R.S.C.

A_{3-6} Rudolf Madej: Indici complecși de consum specific de energie în industrie R.P.P.

A_{3-7} Miecikov, Botia, Pietkov P., Pinievski Ivan, Mașkin L.: Problemele metodei de determinare a eficacității utilizării unor purtători de energie în industria cimentului R.P.B.

A_{3-8} Mikulski Jan: Metode de comparare a valorilor indicilor energetici în industria siderurgică R.P.P.

A_{3-9} Moldoveanu Nicolae, Caracudovici Victor, Nagy Csaba, Gayraud Jean: Considerații asupra principiilor unui sistem rațional de indicatori de consum specific de energie R.P.R.

A_{3-10} Schaefer Helmut: Contribuție la definirea indicilor de utilizare a energiei consumate R.F.G.

A_{3-11} Schenkel Gerhard: Luarea în considerare a condițiilor procesului de producție la evaluarea gradului de utilizare a energiei consumate R.F.G.

A_{3-12} Sieber Werner: Efecte energetice ale trecerii de la producția de atelier la producția în flux în industria prelucrătoare de metale R.D.G.

A_{3-13} Szargut Jan: Indicii economici de combustibil la valorificarea gazelor de ardere pentru preîncălzirea substratelor de ardere în cuptoarele industriale R.P.P.

A_{3-14} Welev Dimitr: Metode de determinare a indicilor consumului specific de energie în industria sticlei R.P.B.

A_{3-15} Zwierzycki Zbigniew: Metodă pentru evaluarea energometrică a ansamblelor de mașini miniere R.P.P.

Secția B: **Alegerea purtătorilor și parametrilor pentru instalațiile de producere și consum de energie**

Kopecki Kazimierz: Raport introductiv pentru problemele secției B R.P.P.

Grupa 1: *Alegerea purtătorilor de energie și a parametrilor instalațiilor producătoare de energie*

B_{1-1} Andrzejewski Stanislaw: Raport general al grupei B_1 — Alegerea purtătorilor de energie și a parametrilor pentru instalații producătoare de energie R.P.P.

B_{1-2} Blahovcova Jarmila: Importanța tipizării construcțiilor și instalațiilor energetice R.S.C

B_{1-3} Chojecki Zdzislaw: Rolul acumulatoarelor de căldură în energetica industrială R.P.P.

B_{1-4} Comănescu Toma, Huhulea Ion, Nitu Vasile: Considerații asupra alegerii tensiunii optime pentru mașinile electrice din industria extractivă de țiței R.P.R.

B_{1-5} Erdelyi Istvan: Despre presiunea din rețelele de termoficare și unele probleme ale gospodăriei industriale R.P.U.

B_{1-6} Freiberger Rudolf: Alegerea formelor și agenților purtători de energie optimi pentru energetica industrială R.S.C

B_{1-7} **Marecki Jacek, Krajewski Rudolf**: Alegerea parametrilor și mărimii centralelor electrice de termoficare pentru industrii mici în Polonia R.P.P.

B_{1-8} Marcu Bernard, Mihail Emil, Palade Ionel: Compensarea vîrfurilor de sarcină în industria cimentului . . . . R.P.R.

B_{1-9} Mira Janos: Limita inferioară a eficacității producției combinate de energie electrică și de căldură în centralele cu contrapresiune R.P.U.

B_{1-10} Mokrosz Eryk: Standardizarea tensiunii în exploatările industriei chimice . . . R.P.P.

B_{1-11} Orlowski Piotr: Tipizarea cazanelor industriale R.P.P.

B_{1-12} Pănoiu Nicolae, Singer Georges, Carabogdan Ion, Crăciuneanu Const., Schwartz Marty: Stadiul actual al dezvoltării în R.P.R. a cazanelor industriale pentru arderea unor combustibili inferiori și a unor deșeuri industriale R.P.R.

B_{1-13} Ullmann Wolfgang: Considerații termodinamice și economice la instalațiicombinate de turbine cu gaze și cu abur R.D.G.

Grupa B : *Alegerea parametrilor receptoarelor de energie*

B_{2-1} Staniszewski Bogumil: Raport general al grupei B_2 R.P.P.

B_{2-2} Grochal Marian, Sochanski Jan: Problema alegerii parametrilor fundamentați tehnico-economic ai aburului utilizat la procese tehnologice R.P.P.

B_{2-3} Hildebrandt Hans: Punctele de vedere ale economiei energetice privind standardizarea acționărilor electrice R.D.G.

B_{2-4} Korasiewicz Jan: Parametrii energiei termice destinate receptorilor tehnologici în industria textilă R.P.P.

B_{2-5} Laszkiewicz Ludwik: Alegerea parametrilor termici pentru receptorii din industria celulozei și hîrtiei P.P.R.

B_{2-6} Ocheduszko Stanislaw: Valorificarea termodinamică a purtătorilor de căldură R.P.P.

B_{2-7} Pentek Istvan: Probleme teoretice hidrodinamice, termotehnice și economice privitoare la suflante de mare capacitate cu temperatura de 1200°C R.P.U.

Prezentarea unui sistem coerent de indicatori de consum specific de energie *

J. GAYRAUD, N. MOLDOVEANU și C. NAGY**

Indicatorii și normele de consum de energie folosiți pînă azi, atît în R.P.R. cît și în alte țări, nu constituie un *sistem* unitar și coerent studiat în ansamblul său, pe bază de analiză științifică, ci un *ansamblu* de indicatori care satisface numai parțial necesitățile de planificare și de urmărire globală a modului de folosire a combustibilului și energiei electrice.

Pornind de la scopurile pe care trebuie să le satisfacă un sistem de indici energetici și analizînd procesele de consum și transformare a energiei, s-a studiat și conceput un sistem de indicatori care să satisfacă în cea mai mare măsură necesitățile planificării curente și de perspectivă, să permită analiza modului de folosire a energiei și depistarea surselor de pierderi, în vederea stabilirii măsurilor pentru eliminarea lor, și să înlesnească aprecierea comparativă a eficienței energo-economice a diferitelor procese și instalații.

Principiile de bază care au fost stabilite pentru un astfel de sistem au fost expuse în [1].

În cele ce urmează se face prezentarea sistemului de indicatori conceput și propus de autori.

1. Clasificarea indicatorilor și notațiile utilizate

În sistemul de indicatori propus s-au luat în considerare două criterii de clasificare, și anume:

a) Din punctul de vedere al formelor și purtătorilor de energie consumați pentru procesul de producție, s-au considerat:

— indicatori simpli, care se referă la o singură formă sau purtător de energie, și

— indicatori complecși, care se referă la mai multe forme sau purtători de energie folosiți într-unul sau mai multe scopuri sau la o singură formă sau purtător de energie consumat pentru mai multe scopuri. Aceștia au fost notați cu Z.

Indicatorii simpli se împart în trei categorii, după cum se referă la instalațiile consumatoare de energie, notați cu C, la instalațiile transformatoare de energie, notați cu T, sau la consumurile proprii (serviciile interne) ale instalațiilor transformatoare, notați cu S.

b) Din punctul de vedere al scopului s-au considerat:

— indicatorii principali, pentru principalele produse cuprinse în nomenclator, notați cu P;

— indicatorii auxiliari, care se notează cu:

— I, cînd se referă la încălzire (ventilație sau condiționare);

— L, cînd se referă la iluminat;

— D, cînd se referă la ansamblul activităților de servire generală;

---

* Articolul reprezintă o expunere dezvoltată a referatului A_{3-9} prezentat de autori la a III-a Conferință de energetică industrială de la Varșovia (23–26 septembrie 1963).

** Ing. J. Gayraud este șeful Inspecției energetice regionale București, conf. ing. N. Moldoveanu este inspector general adjunct al Inspecției energetice, iar ing. C. Nagy este șef de laborator la Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

— δ, cînd se referă la pierderile de energie,

— R, cînd se referă la restul producțiilor neevidențiate prin indicatori principali de tipul P.

Cele două sisteme de clasificare și notațiile utilizate pentru diferitele categorii de indicatori permit simbolizarea denumirii lor. Astfel, de exemplu, indicatorul PC reprezintă un indicator simplu pentru o producție principală neenergetică, indicatorul RZ reprezintă un indicator complex pentru restul producției etc.

Ca forme și purtători de energie utilizată (consumată) de procesele de producție s-au considerat :

— combustibilii de toate categoriile, ca purtători de energie chimic legată, notați cu indicele 1 ;

— gazele calde rezultate din procesele de ardere ca purtători de căldură, notate cu indicele 2 ;

— aburul și apa caldă, ca purtători de căldură, notate cu indicele 3 ;

— energia electrică, notată cu indicele 4 ;

— aerul comprimat, ca purtător de energie de presiune, notat cu indicele 5.

După cum se vede, au fost evidențiate separat gazele calde, care pot fi utilizate în procesele de producție cu același efect ca un combustibil, pentru încălzirea directă în procesele tehnologice sau pentru producere de abur sau apă caldă.

În aceeași situație sînt și alte materiale calde care rezultă din procesele de producție, recuperarea căldurii lor făcîndu-se, de obicei, prin încălzirea unui mediu fluid.

Pe considerentele și în condițiile arătate în [1], dintre purtătorii de energie de presiune s-a introdus în sistemul de indicatori numai aerul comprimat, în măsura în care este folosit în scopuri energetice.

Pentru a permite stabilirea de indicatori complecși și pentru a facilita întocmirea bilanțurilor energetice generale, care tind a lua în considerare formele finale de energie, este necesar să se evidențieze în sistemul de indicatori și modul în care formele și purtătorii de energie participă la procesul de producție. Se disting în acest sens :

— participarea directă la procesul de producție (de exemplu combustibilul ars direct în cuptoarele tehnologice, energia electrică folosită în cuptoare electrice sau în instalațiile de electroliză, aburul folosit în procesele tehnologice etc.) și

— participarea indirectă la procesul de producție, prin intermediul uneia dintre formele sau purtătorii de energie considerați (abur, energie electrică, aer comprimat) sau prin intermediul energiei mecanice, ca formă finală sau intermediară de energie, care nu a fost evidențiată în mod distinct în sistemul de indicatori.

Tot participare indirectă poate fi considerată cea efectuată prin intermediul altor purtători de energie, neconsiderați în sistemul de indicatori, de exemplu prin alte fluide sub presiune decît aerul comprimat sau prin purtătorii de frig ; acest caz a fost, însă, eliminat, din considerentele arătate în [1] ; prin considerarea părții transformatoare de energie în cadrul procesului de producție, consumul respectiv devine un consum direct.

Este necesar să se evidențieze numai participarea indirectă prin intermediul energiei mecanice.

Față de formele și purtătorii de energie considerați, notați cu numere de la 1 la 5, se mai notează cu indicii D participarea directă la proces și cu M participarea prin intermediul energiei mecanice, adică prin intermediul motoarelor cu combustie internă, în cazul combustibililor, al motoarelor electrice, în cazul energiei electrice, al mașinilor sau turbinelor cu abur etc.

În mod practic, gazele calde au, după aceste considerente, numai o utilizare directă, motoarele cu gaze calde neluîndu-se în considerare în industria noastră, iar aerul comprimat are numai o utilizare indirectă, prin intermediul energiei mecanice, fiind un purtător de energie de presiune.

Indicii care arată forma de energie consumată și modul în care se consumă se trec în partea de jos a simbolului indicatorului ; de exemplu, C_{1D} înseamnă consum specific de combustibil ars direct în procesul de producție.

Pentru instalațiile transformatoare de energie, deci pentru acele instalații care consumă o formă sau un purtător de energie pentru a produce altă formă sau purtător de energie, trebuie să se indice și forma de energie produsă ; acest lucru se face prin afectarea indicatorului cu un alt indice, pus în partea de sus a simbolului ; de exemplu, T_4^5 înseamnă consum specific de energie electrică pentru producerea de aer comprimat.

Indicii arătați mai sus afectează numai indicatorii simpli de consum specific de energie, aceștia fiind cei ce trebuie determinați direct din procesele de producție. Indicatorii complecși, sau mai precis acei indicatori complecși care s-au considerat necesari dintre toți indicatorii complecși posibili și care se determină prin calcule, pe baza indicatorilor simpli, s-au diferențiat între ei prin alți indici, nemaiputîndu-se utiliza sistemul arătat. Notațiile și conținutul lor vor fi tratate într-unul din punctele următoare.

Pe baza clasificării și a notațiilor arătate se propune sistemul de indicatori prezentat în tabela 1, asupra căruia se dau în cele ce urmează unele detalii.

Tabela 1

Sistemul de indicatori de consum specific de energie

Indicatori simpli de consum specific de energie	Procese de producție consumatoare de energie			C_{1D}	— consum specific de combustibil utilizat direct în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{u. p.}}\right)$
				C_{1M}	— consum specific de carburant pentru motoarele ce acționează direct în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{u. p.}}\right)$
				C_{2D}	— consum specific de gaze calde utilizate direct în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{u. p.}}\right)$
				C_{3D}	— consum specific de abur și apă caldă utilizate direct în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{kcal}}{\text{u. p.}}\right)$
				C_{3M}	— consum specific de abur folosit în mașinile cu abur ce acționează direct în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{kcal}}{\text{u. p.}}\right)$
				C_{4D}	— consum specific de energie electrică folosită direct în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{kcal}}{\text{u. p.}}\right)$
				C_{4M}	— consum specific de energie electrică folosită pentru motoarele electrice ce acționează în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{kWh}}{\text{u. p.}}\right)$
				C_{5M}	— consum specific de aer comprimat utilizat în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{u. p.}}\right)$
	Pentru procesele transformatoare de energie	Indicatori de transformare energetică		T^3_{1D}	— consum specific de combustibil pentru producerea aburului sau apei calde în centrale termice	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{Gcal}}\right)$
				T^3_{2D}	— consum specific de gaze calde pentru producerea aburului sau apei calde în centrale termice	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{Gcal}}\right)$
				T^4_{1M}	— consum specific de carburant pentru producerea energiei electrice	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{MWh}}\right)$
				T^4_{3M}	— consum specific de abur pentru producerea de energie electrică	$\left(\frac{\text{Gcal}}{\text{MWh}}\right)$
				T^5_{1M}	— consum specific de carburant pentru producerea de aer comprimat	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{1\,000\ \text{Nm}^3}\right)$
				T^5_{3M}	— consum specific de abur pentru producerea de aer comprimat (în turbocompresoare)	$\left(\frac{\text{Gcal}}{1\,000\ \text{Nm}^3}\right)$
				T^5_{4M}	— consum specific de energie electrică pentru producerea de aer comprimat	$\left(\frac{\text{MWh}}{1\,000\ \text{Nm}^3}\right)$
		Indicatori de consum pentru serviciile auxiliare	Centrale termice	S^3_3	— consum specific de abur pentru serviciile interne ale centralei termice	$\left(\frac{\text{Gcal}}{\text{Gcal}}\right)$
				S^3_4	— consum specific de energie electrică pentru serviciile interne ale centralei termice	$\left(\frac{\text{MWh}}{\text{Gcal}}\right)$
			Centrale termoelectrice	S^4_3	— consum specific de abur pentru serviciile interne ale centralei termoelectrice	$\left(\frac{\text{Gcal}}{\text{MWh}}\right)$
				S^4_4	— consum specific de energie electrică pentru serviciile interne ale centralei termoelectrice	$\left(\frac{\text{MWh}}{\text{MWh}}\right)$
			Centrale termoelectrice de termoficare	S^3_3	— consum specific de abur folosit de serviciile interne pentru livrarea energiei termice	$\left(\frac{\text{Gcal}}{\text{Gcal}}\right)$
				S^3_4	— consum specific de energie electrică folosită de serviciile interne pentru livrarea energiei termice	$\left(\frac{\text{MWh}}{\text{Gcal}}\right)$
				S^4_3	— consum specific de abur folosit de serviciile interne pentru livrarea energiei electrice	$\left(\frac{\text{Gcal}}{\text{MWh}}\right)$
				S^4_4	— consum specific de energie electrică folosită de serviciile interne pentru livrarea energiei electrice	$\left(\frac{\text{MWh}}{\text{MWh}}\right)$
			Alte centrale electrice	S^4_4	— consum specific de energie electrică pentru serviciile interne ale centralei	$\left(\frac{\text{MWh}}{\text{MWh}}\right)$
			Stații de aer comprimat	S^5_1	— consum specific de combustibil folosit în serviciile auxiliare ale stației de aer comprimat	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{1\,000\ \text{Nm}^3}\right)$
				S^5_2	— consum specific de gaze calde folosite în serviciile auxiliare ale stației de aer comprimat	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{1\,000\ \text{Nm}^3}\right)$
				S^5_4	— consum specific de energie electrică folosită de către serviciile auxiliare ale stației de aer comprimat	$\left(\frac{\text{MWh}}{1000\ \text{Nm}^3}\right)$

(continuarea tabelei 1)

Indicatori complecşi de consum specific de energie	Pentru procesele transformatoare de energie	$Z^4_{1\,(3)} = p_{ab_1}\ T^3_{1D} + p_{ab_2} T^3_2 T^4_{3M}$ — consum specific de combustibil pentru producţia de energie electrică în centrale termoelectrice cu abur	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{MWh}}\right)$
	Procesele de producţie consumatoare de energie	$Z_1 = C_{1D} + C_{1M} + C_{2D} + C_0$ — consum specific de combustibil utilizat în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{u. p.}}\right)$
		$Z_3 = C_{3D} + C_{3M}$ — consum specific de căldură din abur şi apă caldă utilizate în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{k cal}}{\text{u. p.}}\right)$
		$Z_4 = C_{4D} + C_{4M}$ — consum specific de energie electrică utilizată în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{kWh}}{\text{u. p.}}\right)$
		$Z_1' = Z_1 + p_{a_1}\ T^5_{1M}\ C_{5M}$ — consum specific de combustibil consumat în procesul tehnologic, inclusiv prin aer comprimat	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{u. p.}}\right)$
		$Z_3' = Z_3 + p_{a_2}\ T^5_{3M}\ C_{5M}$ — consum specific de căldură din abur consumat în procesul tehnologic, inclusiv prin aer comprimat	$\left(\frac{\text{k cal}}{\text{u. p.}}\right)$
		$Z_4' = Z_4 + p_{a_3}\ T^5_{4M}\ C_{5M}$ — consum specific total de energie electrică	$\left(\frac{\text{kWh}}{\text{u. p.}}\right)$
		$Z_{comb} = Z_1' + Z_3' + (p_{cp_1}\ T^3_{1D} + p_{cp_2}\ T^3_{2D} + p_{c\,ext}\ T^3_{1ext})$ — consum specific de combustibil şi abur folosit în procesul tehnologic	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{u. p.}}\right)$
		$Z_{tot} = Z_{comb} + Z_4' (p_{ep_1}\ Z^4_{1\,(3)} + p_{ep_2}\ T^4_{1M} + p_{e\,ext}\ T^4_{1\,ext})$ — consum specific total de combustibil convenţional	$\left(\frac{\text{t. c. c.}}{\text{u. p.}}\right)$

2. Indicatori simpli de consum specific de energie

2.1. *Indicatori simpli de consum specific de energie pentru instalaţiile consumatoare de energie*

Pentru un contur care cuprinde una sau mai multe instalaţii consumatoare de energie, se iau în considerare indicatorii care reflectă consumul efectiv de forme sau purtători de energie din conturul respectiv :

C_{1D} — consum specific de combustibil utilizat direct în agregatele procesului tehnologic (exclusiv cel consumat în instalaţiile pentru producerea aburului şi apei calde şi cel utilizat în motoare cu combustie internă), de exemplu combustibilul utilizat în cuptoare pirotehnologice. Acesta se exprimă în unităţile echivalente de combustibil (combustibil convenţional) pe unitatea de producţie.

C_{1M} — consum specific de combustibil ars în motoare cu ardere internă (carburant), care acţionează direct în procesul tehnologic (de exemplu cel utilizat pentru acţionarea morilor de cereale), exclusiv cel utilizat pentru acţionarea instalaţiilor care produc energie electrică sau aer comprimat. Aici se include şi consumul de carburant pentru producerea de apă sub presiune, de frig sau de alţi purtători de energie neluaţi în considerare în sistemul de indicatori, după cum s-a arătat mai sus, dacă aceşti purtători de energie au o utilizare energetică în cadrul procesului consumator.

C_{2D} — consumul specific de gaze calde utilizate direct în tehnologie pentru procese de încălzire sau uscare, exclusiv cele utilizate pentru producerea de abur sau apă caldă. Este vorba numai de acele gaze calde care provin din afara conturului considerat, nu şi de cele recirculate în cadrul conturului, care contribuie la îmbunătăţirea randamentului energetic şi care deci nu trebuie evidenţiate ca indicatori separaţi. Acest indicator se exprimă tot în unităţi de combustibil convenţional pe unitatea de producţie, deşi este vorba de un purtător de căldură, întrucît gazele calde se utilizează în industrie cu rol de combustibil.

C_{3D} — consumul specific de abur sau apă caldă utilizată direct în procesul tehnologic pentru încălzire, exclusiv aburul folosit indirect pentru producerea de energie mecanică în maşini sau turbine cu abur, exprimat în unităţi de căldură pe unitatea de producţie. Aici a fost inclus şi cazul în care folosirea aburului sau apei calde în procesul tehnologic se face nu direct, ci prin intermediul unui alt purtător de căldură, schimbătorul de căldură respectiv aparţinînd de procesul tehnologic considerat (de exemplu încălzirea apei cu abur în procesul tehnologic pentru fabricarea produselor lactate).

C_{3M} — consumul specific de abur folosit pentru maşinile sau turbinele cu abur care acţionează agregatele ce aparțin procesului tehnologic (de exemplu, în ciocanele cu abur), exclusiv cel folosit în mașinile și turbinele care acționează instalații pentru producerea energiei electrice sau a aerului comprimat; el se exprimă în unități de căldură pe unitatea de producție.

C_{4D} — consumul specific de energie electrică folosit direct în procesul tehnologic (de exemplu, pentru procese de încălzire în cuptoare electrice sau pentru procese de electroliză), exclusiv cea folosită pentru acționarea motoarelor electrice care antrenează agregatele tehnologice; el se exprimă în unități de energie electrică pe unitatea de producție.

C_{4M} — consumul specific de energie electrică folosită pentru antrenarea motoarelor electrice care acționează agregatele procesului tehnologic consumator, exclusiv energia electrică folosită pentru antrenarea instalațiilor producătoare de aer comprimat. Aici se include și energia electrică consumată pentru producerea de apă sub presiune utilizată ca agent energetic și produsă cu electropompe sau cea consumată pentru producerea purtătorilor de frig, în măsura în care aceste faze de transformare energetică au fost incluse în conturul consumator.

C_{5M} — consumul specific de aer comprimat utilizat în procesul tehnologic prin intermediul energiei mecanice (de exemplu, la acționarea ciocanelor sau uneltelor pneumatice, la transportul pneumatic, la sablaj etc.); el se exprimă în unități de volum de aer supus comprimării (normal metru cub) pe unitate de producție.

După cum s-a arătat în [1] indicatorii simpli pot avea, pe lîngă sensul de consum de energie (sens considerat pozitiv), și sensul de producție de energie (sens considerat negativ), în măsura în care din procesul tehnologic rezultă unele din formele sau purtătorii de energie, considerați inițial în sistemul de indicatori, care nu a intrat din afară, sau rezultă o cantitate mai mare decît cea intrată dintr-o anumită formă sau purtător de energie. În acest caz, indicatorul respectiv va purta semnul minus (de exemplu, $-C_3$ înseamnă producție specifică de gaze calde rezultate ca resursă energetică secundară din procesul consumator, bineînțeles în măsura în care aceste gaze calde sînt utilizate în alt contur).

La acești indicatori nu se mai poate arăta și modul de utilizare, direct sau prin intermediul energiei mecanice, utilizarea lor făcîndu-se în alt contur decît cel analizat.

În afară de consumul de energie din formele sau purtătorii de energie considerați inițial, în [1] s-a arătat că în contururile instalațiilor consumatoare mai intervin, în unele cazuri, și alte cantități de energie rezultate din surse neenergetice sau din reacții exoterme a căror mărime se determină conform celor arătate în [1].

Aceste cantități de energie din surse neenergetice trebuie evidențiate distinct printr-un indicator separat, notat cu C_0 — consum specific de surse neenergetice, exprimat în unități de combustibil convențional pe unitatea de produs.

2.2. *Indicatorii simpli de consum specific de energie pentru instalațiile energetice transformatoare*

Prin instalație transformatoare de energie s-a înțeles acea instalație care are ca scop principal transformarea unei forme sau purtător de energie într-altă formă sau purtător de energie. Aici nu sînt incluse instalațiile din care rezultă o formă sau un purtător de energie ca resursă energetică secundară și nici instalațiile energetice în care are loc schimbarea caracteristicilor formei sau purtătorului de energie (transformatoare statice, redresoare, convertizoare, în cazul energiei electrice; instalațiile de spălare, sortare, brichetare, gazeificare, în cazul cărbunilor, sau de dezbenzinare, distilare, cracare, în cazul petrolului etc.).

Toate aceste cazuri sînt tratate ca instalații consumatoare de energie, urmărindu-se consumul efectiv din conturul care închide o asemenea instalație. Resurse secundare de energie pot apărea și în instalațiile de transformare energetică, ele trebuind să fie tratate ca în cazul instalațiilor consumatoare.

Sînt cazuri cînd scopul instalațiilor de transformare energetică este dublu, în sensul producerii a două forme sau purtători de energie, de exemplu producerea combinată de energie electrică și abur în centralele electrice de termoficare, pentru care trebuie să se stabilească indicatori de consum specific de energie pentru ambele producții principale.

În cazul instalațiilor transformatoare de energie, conform [1], trebuie luate în considerație contururi speciale la determinarea indicatorilor de consum specific. Astfel, conturul care închide o instalație transformatoare de energie trebuie descompus în două subcontururi, unul care închide agregatele principale ce efectuează transformarea (cazanele de abur în cazul centralelor termice sau grupul motor-generator în cazul centralelor Diesel-electrice) și celălalt, care închide agregatele auxiliare de servire (denumite și servicii interne); pentru aceste două contururi se stabilesc două categorii de indicatori.

Pentru procesul de transformare propriu-zis se stabilesc indicatori de consum de formă sau purtător de energie primară pe unitatea de formă sau purtător de energie rezultat (mărime echivalentă cu inversul randamentului de transformare), ceea ce este strict necesar pentru determinarea indicatorilor complecși și pentru urmărirea eficienței economice a procesului de transformare.

Pentru conturul conținînd agregatele auxiliare, trebuie stabiliți indicatori de consum efectiv, similari cu indicatorii determinați pentru oricare dintre contururile din instalațiile consumatoare. Spre deosebire de acestea, aici nu intervin toate formele și purtătorii de energie considerați sau unii intervin într-o măsură practic neglijabilă, și nici nu mai este necesar să se separe aceștia după modul în care intervin în procesul tehnologic (direct sau prin intermediul energiei mecanice); în același timp însă, consumul respectiv din forma sau purtătorul de energie considerat s-a efectuat în scopul producerii unei forme sau purtător de energie care trebuie evidențiat prin indicele superior.

Aceste considerente și, în plus, importanța care trebuie acordată consumurilor proprii tehnologice din instalațiile transformatoare de energie au determinat separarea lor de restul indicatorilor.

Unele dintre instalațiile transformatoare consumă o parte din producția proprie pentru procesul de transformare respectiv, ceea ce duce la posibilitatea determinării unei producții brute și a unei producții nete, de exemplu centralele termice și electrice; aici trebuie precizat că indicatorii de transformare energetici cît și cei ai serviciilor auxiliare trebuie stabiliți în raport cu producția brută a instalației, ceea ce este echivalent cu a considera că instalația trimite în afară întreaga cantitate de energie produsă de o anumită formă și în același timp consumă din afară o cantitate oarecare din aceeași formă de energie.

Ținînd seamă de aceste considerații, pentru un contur care închide una sau mai multe instalații transformatoare de energie se stabilesc următorii indicatori:

2.2.1. Indicatori de transformare energetică

T^{3}_{1D} — consumul specific de combustibil pentru producerea de abur și apă caldă în cazanele centralelor termice, sau termoelectrice, exprimat în unități de combustibil convențional pe unități de căldură (t.c.c./Gcal). Prin indicele D s-a arătat și aici modul în care se utilizează combustibilul în instalațiile pentru producerea aburului (ardere directă).

T^{3}_{2D} — consumul specific de gaze calde pentru producerea de abur sau apă caldă în cazanele recuperatoare, exprimat în unități de combustibil convențional pe unități de căldură (t.c.c./Gcal). Instalațiile de recuperare a căldurii din gazele calde, prin producerea de abur sau apă caldă, au fost deci considerate instalațiile transformatoare de energie, schimbîndu-se purtătorul de căldură respectiv în raport cu purtătorii de căldură considerați inițial în sistemul de indicatori.

T^{4}_{1M} — consumul specific de combustibil ars în motoare cu ardere internă (carburant) care antrenează generatoare electrice; de exemplu centralele Diesel-electrice (t.c.c./MWh). Indicele M marchează utilizarea indirectă, prin intermediul energiei mecanice, a carburanților pentru producerea de energie electrică.

T^{5}_{1M} — consumul specific de combustibil ars în motoare cu ardere internă care antrenează instalații pentru comprimarea aerului (motocompresoare) (t.c.c./1000 Nm³).

T^{4}_{3M} — consumul specific de abur pentru producerea de energie electrică în grupurile turbogeneratoare, exprimat în unități de căldură pe unități de energie electrică (Gcal/MWh).

T^{5}_{3M} — consumul specific de abur pentru producerea de aer comprimat în compresoare acționate de mașini cu abur (turbocompresoare) (Gcal/1000 Nm³).

T^{5}_{4M} — consumul specific de energie electrică pentru producerea de aer comprimat în compresoare acționate electric (MWh/1000 Nm³).

2.2.2. Indicatori de consumuri proprii pentru serviciile auxiliare ale instalațiilor transformatoare de energie

În cele de mai sus s-a arătat necesitatea separării acestor indicatori de restul indicatorilor de consum; s-a arătat, de asemenea, că nu toate formele și purtătorii de energie considerați intervin cu pondere în consumul serviciilor auxiliare ale instalațiilor transformatoare. Astfel, din cele cinci forme și purtători de energie considerați inițial, se va evidenția numai consumul de combustibil, abur și energie electrică, independent de modul în care sînt ei utilizați (direct sau indirect).

De asemenea, pentru simplificare, în cazul instalațiilor transformatoare care execută mai multe transformări și la care pentru determinarea indicatorilor simpli de transformare au fost împărțite contururile totale în contururi mai mici, care să includă o singură transformare energetică (cu excepția transformării în și din energie mecanică, energia mecanică nefiind evidențiată în mod distinct), indicatorii de consum pentru serviciile auxiliare se stabilesc pe ansamblul conturului. Este vorba de centralele termoelectrice cu abur, pentru care indicatorii de transformare se stabilesc separat pentru transformarea combustibil—abur și pentru transformarea abur—energie electrică, și indicatorii de consum auxiliar care se stabilesc pe ansamblul centralei; de asemenea pentru centralele termoelectrice de transformare, se stabilesc indicatori separați, pentru livrarea la distanță a căldurii și pentru livrarea energiei electrice.

Pe baza acestor considerații se stabilesc următorii indicatori de consum specific de energie pentru serviciile interne ale instalațiilor transformatoare de energie.

Pentru centralele termice, S_3^3 — consumul specific de abur folosit de către serviciile interne ale centralei — și S_4^3 — consumul specific de energie electrică pentru serviciile interne.

Pentru centralele termoelectrice, în mod similar, S_3^4 — consumul specific de abur pentru serviciile interne ale centralei — și S_4^4 — consumul specific de energie electrică pentru serviciile interne.

Pentru centralele termoelectrice de termoficare, S_3^3 și S_4^3 — consumurile specifice de abur și energie electrică folosite de către serviciile interne pentru livrarea energiei termice — și S_3^4, S_4^4 — consumurile specifice de abur și energie electrică folosite de serviciile interne pentru livrarea energiei electrice.

Pentru toate celelalte categorii de centrale electrice (centrale Diesel-electrice, centrale hidroelectrice, centrale și turbine cu gaze) interesează numai S_4^4 — consumul specific de energie electrică folosit de serviciile interne ale centralei, pentru producerea de energie electrică.

Pentru stațiile de aer comprimat interesează consumul specific de energie electrică folosit de serviciile interne ale stației pentru producerea aerului comprimat — S_4^5 — și consumul specific de combustibil folosit de serviciile auxiliare ale stației pentru producerea de aer comprimat — S_1^5.

3. Indicatorii complecși de consum specific de energie

Toți indicatorii simpli prezentați pînă acum s-au referit la un contur care închide un proces consumator, în care consumul se efectuează direct sau prin intermediul energiei mecanice, sau la un contur care închide o singură transformare energetică în care consumul se efectuează, de asemenea, direct sau prin intermediul energiei mecanice.

Dacă într-un proces de transformare energetică au loc mai multe transformări, pentru fiecare dintre ele determinîndu-se indicatori simpli de transformare, pentru ansamblul procesului trebuie determinați indicatori de transformare complecși, calculați pe baza celor simpli.

Întrucît energia mecanică nu s-a evidențiat separat în sistemul de indicatori, singurul caz în care intervin într-o aceeași instalație de transformare mai multe transformări energetice este reprezentat de centralele termoelectrice cu abur, pentru care se stabilește un indicator de consum specific (indicator de transformare energetică) complex. Acest indicator s-a notat cu $Z_{1(3)}^4$, spre a se deosebi de ceilalți indicatori complecși admiși, care se referă la instalațiile consumatoare de energie. El se determină cu relația :

$$Z_{1(3)}^4 = (p_{ab1}\ T_{1D}^3 + p_{ab2}\ T_2^3)\ T_{3M}^4,$$

în care p_{ab1}, p_{ab2} reprezintă ponderile cu care intervin în producția totală de abur a întreprinderii aburul produs din combustibil în centrale termice și aburul produs din gaze calde în cazane recuperatoare. Între aceste două mărimi există relația :

$$p_{ab1} + p_{ab2} = 1.$$

Acest indicator se exprimă în unități de combustibil convențional pe unități de energie electrică (t.c.c./MWh).

Dintre indicatorii complecși pentru instalațiile consumatoare de energie, ținînd seamă de necesitățile practice și de posibilitatea comparării indicatorilor propuși cu cei existenți, sau cu alți indicatori determinați pe o altă structură rațională, s-a considerat necesar să se determine indicatori complecși pentru toate formele sau purtătorii de energie care au intervenit în procesul tehnologic, atît în mod direct cît și prin intermediul energiei mecanice. Acești indicatori s-au notat cu indicele corespunzător formei de energie respective, astfel :

Z_1 — consumul specific de combustibil utilizat direct sau indirect prin intermediul energiei mecanice în procesul tehnologic, deci fără acela care intervine printr-o transformare energetică (prin intermediul aburului, energiei electrice sau aerului comprimat). Aici se include și consumul de gaze calde, care, după cum s-a arătat, au fost asimilate cu un combustibil, și de asemenea se include și consumul de energie din resurse neenergetice (materii prime),

$$Z_1 = C_{1D} + C_{1M} + C_{2D} + C_0.$$

Z_3 — consumul specific de căldură din abur și apă caldă, căldură consumată în procesul tehnologic direct sau indirect prin intermediul energiei mecanice, exclusiv deci cea care intervine prin energia electrică sau prin abur.

$$Z_3 = C_{3D} + C_{3M}.$$

Z_4 — consumul specific de energie electrică utilizată direct sau indirect prin intermediul energiei mecanice în procesul tehnologic, adică exclusiv cea care intervine prin transformarea energiei electrice în aer comprimat,

$$Z_4 = C_{4D} + C_{4M}.$$

Mai interesează în plus, pentru instalațiile consumatoare de energie, o serie de indicatori complecși similari cu cei de mai sus, cu diferența că includ în ei și energia din forma sau purtătorul respectiv consumată de procesele tehnologice indirect, prin intermediul aerului comprimat, evidențiate în mod distinct printr-un termen separat. Separarea energiei care intervine prin aerul comprimat este necesară deoarece utilizarea aerului comprimat, ca purtător de energie, se face în general cu randamente energetice slabe și deci trebuie să se tindă către înlocuirea lui.

Acești indicatori au fost notați cu Z'. Astfel :

Z'_1 — consumul specific de combustibil consumat în procesul tehnologic, direct sau indirect, prin intermediul energiei mecanice sau prin intermediul aerului comprimat ca purtător de energie, deci exclusiv cel consumat în centralele termice sau termoelectrice :

$$Z'_1 = Z_1 + p_{a1} T_{1M} C_{5M},$$

p_{a1} fiind ponderea cu care intervine în producția totală de aer comprimat aerul comprimat produs în motocompresoare.

Z'_3 — consumul specific de căldură din abur și apă caldă, căldură consumată de procesul tehnologic direct sau indirect prin intermediul energiei mecanice sau prin intermediul aerului comprimat ca purtător de energie, deci exclusiv cel consumat în centralele termoelectrice cu abur :

$$Z'_3 = Z_3 + p_{a2}\, T^5_{3M}\, C_{5M},$$

p_{a2} fiind ponderea cu care intervine în producția totală de aer comprimat cel produs prin compresoare acționate de turbine sau mașini cu abur.

Z'_4 — consumul specific total de energie electrică, inclusiv cea consumată prin intermediul aerului comprimat,

$$Z'_4 = Z_4 + p_{a3}\, T^5_{4M}\, C_{5M},$$

în care p_{a3} reprezintă ponderea cu care intervine în producția de aer comprimat cel produs de compresoarele acționate electric.

Între mărimile p_{a1}, p_{a2} și p_{a3} există relația :

$$p_{a1} + p_{a2} + p_{a3} = 1.$$

Indicatorii Z'_3 și Z'_4 dau consumul total de abur, apă caldă al proceselor tehnologice consumatoare și respectiv consumul de energie electrică al lor ; prin aceasta ei permit justa dimensionare a instalațiilor transformatoare de energie, respectiv a centralelor termice și electrice.

Pentru cunoașterea sarcinilor pe care trebuie să le satisfacă sectoarele de extracție a combustibililor, este util să se determine combustibilul consumat de procesele de producție, inclusiv cel care intervine prin abur și apă caldă și exclusiv cel consumat în centralele electrice prin intermediul energiei electrice. Separarea combustibilului care intervine prin energia electrică este necesară pentru că, pe de o parte, aceste centrale consumă și combustibili inferiori, care nu pot fi utilizați în industrie în bune condiții și, pe de altă parte, centralele electrice sînt interconectate, formînd în ansamblu sistemul electroenergetic, care, ca unitate energetică de sine stătătoare, trebuie evidențiat în mod deosebit. Acest indicator a fost notat cu Z_{comb}.

$$Z_{comb} = Z'_1 + Z'_3\,(p_{cp1}\, T^3_{1D} + p_{cp2}\, T^3_{2D} + p_{c\,ext}\, T^3_{1\,ext}),$$

în care :

p_{cp1}, p_{cp2} reprezintă ponderile, în consumul total de abur și apă caldă, a aburului și apei calde produse în interiorul întreprinderii prin arderea combustibilului, respectiv prin recuperarea căldurii gazelor calde ;

$p_{c\,ext}$ — ponderea, în consumul total de abur și apă caldă, a aburului și apei calde luate din exterior, din sistemul de termoficare ; între mărimile de mai sus există relația : $p_{cp1} + p_{cp2} + p_{c\,ext} = 1$;

$T_{1\,ext}$ — consumul specific mediu de combustibil cu care se produc aburul și apa caldă în centralele termice și termoelectrice de termoficare din cadrul sistemului de alimentare centralizată cu căldură (sistem de termoficare).

În sfîrșit, trebuie cunoscut consumul complex de toate formele sau purtătorii de energie care participă la procesele de producție. Acest consum s-a caracterizat printr-un indicator complex de consum specific de combustibil, notat cu Z_{tot}, și s-a exprimat în unități de combustibil pe unitatea de producție, ținînd seamă de faptul că marea majoritate a energiei consumate de către procesele de producție sub diferite forme și purtători de energie are la bază tot combustibil :

$$Z_{tot} = Z_{comb} + Z'_4\,(p_{ep1}\, Z^4_{1(3)} + p_{ep2}\, T^4_{1M} + p_{e\,ext}\, T^4_{1\,ext}),$$

în care :

p_{ep1}, p_{ep2} reprezintă ponderile, în consumul total de energie electrică, ale celei produse prin turbine cu abur, respectiv prin turbine antrenate de motoare cu ardere internă ;

$p_{e\,ext}$ — ponderea, în consumul total de energie electrică, a energiei electrice luate din sistemul electroenergetic, între aceste mărimi existînd de asemenea relația : $p_{ep1} + p_{ep2} + p_{e\,ext} = 1$;

$T^4_{1\,ext}$ — consumul specific mediu de combustibil cu care se produce energia electrică în cadrul sistemului electroenergetic.

Acest ultim indicator complex reprezintă ceea ce se înțelege de obicei prin indicatori complecși în literatura de specialitate și el servește la compararea eficienței economice de ansamblu a proceselor de producție.

Ceilalți indicatori complecși notați mai sus, considerați complecși din punctul de vedere al formelor și purtătorilor de energie care participă la proces și din punctul de vedere al scopului pentru care se efectuează consumul respectiv, în opoziție cu indicatorii simpli definiți mai sus, nu sînt considerați ca atare în literatura de specialitate, întrucît în lucrările respective nu s-a făcut o analiză atît de detaliată a consumurilor de energie și nu s-a introdus o sistematizare completă a indicatorilor de consum specific de energie.

4. Asupra indicatorilor principali de consum specific de energie

Ținînd seamă de cel de-al doilea criteriu de clasificare, în raport cu scopul consumului, atît pentru procesele de producție consumatoare de energie cît și pentru cele de transformare energetică, s-au diferențiat indicatorii principali de consum specific de energie, care se referă la contururile corespunzătoare producțiilor principale, producții evidențiate în nomenclatorul special ce trebuie întocmit pentru acest scop.

Consumurile specifice principale se stabilesc, după cum s-a arătat:

— pe întregul proces tehnologic, care conduce la realizarea produsului final, denumindu-se în acest caz consumuri specifice principale totale, notate cu P_t, și

— pe porțiuni din procesul tehnologic, care corespund la realizarea unor subproduse, consumuri specifice principale parțiale, notate cu P_p.

Împărțirea procesului tehnologic în porțiuni trebuie făcută așa cum se arată în [1], în primul rînd în funcție de schimbul de produse și subproduse în cadrul cooperării dintre procesele tehnologice similare sau de naturi diferite și în al doilea rînd în funcție de ramificarea procesului tehnologic. Această împărțire trebuie făcută în așa fel încît, printr-un calcul relativ simplu (de obicei o simplă însumare), să se poată determina indicatorul principal total din indicatorii principali parțiali, ceea ce este echivalent cu descompunerea conturului total în contururi parțiale, astfel ca să nu rămînă nici o porțiune din conturul total necuprinsă în contururile parțiale.

Întrucît consumul specific de energie depinde de o serie de factori, între care productivitatea procesului de producție ocupă locul cel mai important, ținînd seamă și de faptul că pentru indicatorii principali trebuie întocmite studii detaliate, la stabilirea acestor indicatori trebuie urmărită variația consumului de energie cu productivitatea și eventual și cu alți factori care au o influență sistematică și importantă asupra consumului de energie, adică se vor analiza caracteristicile energetice, indicatorii principali trebuind deci să fie reprezentați nu printr-o valoare unică, ci printr-o caracteristică sau printr-o familie de caracteristici energetice.

Indicatori principali de consum specific de energie trebuie stabiliți și pentru producerea purtătorilor de energie care nu au fost luați în considerare în sistemul de indicatori de transformare, neavînd o utilizare energetică; de exemplu pentru apa sub presiune realizată de stațiile importante de pompare, pentru frigul produs în centralele de frig etc., acestea fiind considerate produse principale întrucît se realizează cu un consum relativ mare de energie.

În indicatorii principali de consum specific de energie trebuie incluse și o parte din pierderile pentru transportul și distribuția energiei, și anume acea parte care afectează direct alimentarea agregatelor din procesul tehnologic respectiv; de exemplu de la ultimele tablouri de distribuție pînă la agregate în cazul energiei electrice, fără ca acestea să fie evidențiate separat. De asemenea se include și o parte din consumurile auxiliare pentru întreținere și reparație, respectiv consumul atelierelor mici de întreținere din secțiile tehnologice, sculării, laboratoarelor de analiză etc.

5. Indicatorii auxiliari de consum specific de energie

Indicatorii auxiliari de consum specific de energie, care pot fi — ca și indicatorii principali — simpli sau complecși, se stabilesc numai pentru contururi de întreprindere sau mai mari ca acestea (ramură de producție). Studiindu-se în ansamblu, pentru ei nu mai este strict necesar, în prima etapă, să se analizeze variația după productivitate sau după alți parametri determinați, adică să se determine caracteristicile energetice, ci este suficient să fie stabiliți ca valori unice, medii pentru o anumită perioadă de timp. Fac excepție de la acest punct de vedere indicatorii pentru încălzit și iluminat, pentru care, în măsura posibilităților, trebuie să se analizeze și dependența lor de condițiile mediului exterior.

Unitățile de măsură în care se repartizează producția secțiilor auxiliare pentru determinarea consumului specific nu mai trebuie analizate individual, ci este suficient să se stabilească de la început unitățile globale (naturale sau convenționale) cele mai indicate, conform celor arătate în [1].

Astfel, pentru indicatorul de consum specific de energie pentru încălzire, condiționare sau ventilație, I, se raportează consumul de energie respectiv la spațiul încăperilor încălzite, exprimat în m^3. Aici se include numai încălzirea, condiționarea sau ventilația care nu aparține direct procesului tehnologic.

Consumul de energie pentru iluminat se raportează la suprafața iluminată, separat pentru luminatul interior și pentru cel exterior, sau în ansamblu, ca valoare medie.

Indicatorii corespunzători consumurilor auxiliare de servire generală, în care se includ toate activitățile care se duc în scopul servirii proceselor de producție de bază din întreprinderi (ateliere centrale de reparație și întreținere, laboratoare centrale de analiză, garaje, depouri, consumul pentru transporturi în incinta întreprinderilor, depozite centrale de produse, servicii tehnice şi administrative etc., fără consumul corespunzător coloniilor muncitoreşti), se raportează la valoarea totală a producţiei globale a întreprinderii. Nu se includ consumurile pentru centralele termice şi electrice şi pentru staţiile centrale de aer comprimat, care, deşi au caracterul unor instalaţii de servire generală, au fost evidenţiate separat prin indicatorii de transformare energetică. De asemenea, nu sînt incluse nici staţiile importante pentru pomparea apei sau a frigului, pentru care s-a convenit să se stabilească indicatori separaţi, după cum s-a arătat.

O problemă similară se pune pentru indicatorii de consum specific de energie corespunzători restului producţiilor secundare din întreprindere. Tratarea lor globală s-a admis ţinîndu-se seamă de ponderea pe care o are de obicei consumul lor de energie în raport cu consumul total al întreprinderii, dacă s-a acoperit prin indicatori separaţi producţia principală a întreprinderii, precum şi de dificultăţile ce le-ar crea evidenţierea lor separată, numărul lor fiind de obicei mare în raport cu producţiile principale. Tratarea globală implică, însă, şi alegerea unei unităţi de măsură convenţionale corespunzătoare, lucru realizat prin raportarea lor la valoarea producţiei globale.

În sfîrşit, indicatorii de pierderi de energie în reţelele de distribuţie internă din întreprinderi şi în depozitarea şi manipularea combustibililor se exprimă, aşa cum este normal, în procente din totalul consumului din forma sau purtătorul de energie respectiv.

6. Indicatori globali de consum specific de energie

În afară de indicatorii de detaliu conţinuţi în sistemul de indicatori analizat mai sus, se propune şi determinarea unor indicatori globali, notaţi cu G, care să servească pentru calcule preliminare de planificare.

Pentru simplificare, producţia va fi luată în ansamblu, exprimîndu-se în unităţi valorice (valoarea producţiei globale industriale).

Aceşti indicatori globali pot fi obţinuţi cu uşurinţă din indicatorii detaliaţi sau pot fi determinaţi direct; ei includ atît consumurile pentru producţie cît şi cele pentru nevoi auxiliare.

7. Consideraţii asupra posibilităţilor de aplicare a sistemului de indicatori propus

Deşi la prima vedere sistemul de indicatori propus pare complicat, în realitate, la nivelul unei întreprinderi, sistemul este mult mai simplu, pentru că întreprinderile, în general, nu consumă toate cele cinci forme şi purtători de energie consideraţi în sistem, nu utilizează aceste forme şi purtători de energie, atît prin acţiune directă în procesul de producţie cît şi prin intermediul energiei mecanice, şi nici nu sînt dotate cu toate instalaţiile transformatoare de energie considerate şi, în cadrul acestora, cu toate posibilităţile practice de transformare energetică.

În aceste condiţii se micşorează foarte mult numărul indicatorilor simpli şi complecşi şi se simplifică calculul acestora din urmă.

La alcătuirea sistemului, dat fiind caracterul lui de generalitate, s-a avut în vedere ca în el să poată fi încadrate toate cazurile particulare care pot fi întîlnite în întreprinderile industriale, atît pentru procesele consumatoare de energie cît şi pentru cele de transformare a energiei.

Bibliografie

[1] Caracudovici, V., Gayraud, J., Moldoveanu, N. şi Nagy, C. *Principii de bază pentru un sistem raţional de indicatori de consum specific de energie*. Studii şi cercetări de energetică, Seria A, vol. XIII (1963), nr. 4.

Contribuții la normarea consumurilor specifice de energie în cazul producțiilor neomogene

V. CARACUDOVICI
și E. DORFMAN*

În stabilirea indicatorilor de consum specific de energie pentru diferite produse industriale și în normarea acestora, una dintre dificultățile principale întîlnite în practică se datorește neomogeneității producției, adică varietății foarte mari de produse și sortimente ale aceluiași produs, fabricate de industrie. Desigur că va fi foarte greu, practic imposibil, să se stabilească și să se controleze norme de consum specific de energie pe fiecare produs sau sort realizat de diferitele întreprinderi industriale și, cu atît mai mult, să se utilizeze această mulțime de indicatori în planificarea energetică. De aceea se caută să se utilizeze indicatorii sintetici, care să ușureze atît acțiunea întreprinsă pentru stabilirea lor cît și posibilitățile de utilizare în controlul gospodăririi energiei în întreprinderile industriale și în planificarea necesarului de energie. Pentru ca acești indicatori să corespundă scopurilor amintite, ei trebuie să exprime în mod just energia consumată pentru produsul sau grupa de produse respective, sau, cu alte cuvinte, să existe o relație funcțională între ei și productivitatea proceselor tehnologice.

Consumul specific de energie reprezintă, după cum se știe, consumul dintr-o anumită formă sau purtător de energie, sau consumul din mai multe forme sau purtători — consumul complex de energie — pentru realizarea unei unități de producție. Dacă în domeniul energetic formele și purtătorii de energie care vin în considerare sînt puțini la număr, existînd în același timp și unitatea de măsură corespunzătoare (combustibil convențional pentru combustibilii lichizi, solizi și gazoși, conținutul caloric pentru abur și apă caldă sau fierbinte și gaze calde, combustibil convențional sau conținutul caloric pentru exprimarea consumului complex de energie, ținînd seamă de randamentele de transformare ale diferitelor forme și purtători de energie utilizați), în domeniul tehnologic, produsele realizate sînt în număr mult mai mare și din fiecare pot interveni mai multe sortimente, cu consumuri specifice mai mult sau mai puțin diferite, unitățile de măsură în care se exprimă acestea fiind, de asemenea, foarte diferite. Există și în acest domeniu practica de a se utiliza unități convenționale, introduse din considerente tehnologice, care însă nu corespund totdeauna și scopurilor energetice precizate mai sus.

Se pune, deci, problema alegerii unor unități de măsură pentru producția realizată care să corespundă cît mai bine necesităților stabilirii consumurilor specifice de energie și normării acestora și care să permită și legătura cu unitățile în care se măsoară și se urmărește în mod curent producția realizată, pentru a putea fi utilizate în planificare.

Din punctul de vedere al numărului de produse sau sorturi realizate de un proces tehnologic sau o porțiune a acestuia (agregat, secție etc.) distingem trei cazuri:

— realizarea unui singur produs, a cărui calitate variază în anumite limite admise de normele de producție (producție omogenă); de exemplu extracția cărbunelui sau a minereului;

— realizarea unui număr relativ mic de produse sau sortimente ale aceluiași produs, care se urmăresc separat în evidențele tehnologice, avînd și destinații diferite; de exemplu: laminatele, produsele rezultate din electroliză, producția cimentului, a celulozei, a hîrtiei etc.;

— realizarea unui număr mare de produse și sortimente ale lor (producție neomogenă); de exemplu: turnătoria, construcția de mașini etc.

În primul caz, cel mai simplu de altfel, indicatorul de consum specific de energie se determină pe unitatea naturală în care se urmărește și producția realizată, care corespunde de obicei cerințelor de a se găsi într-o relație funcțională cu productivitatea, exprimată în practică prin caracteristica energetică.

În cel de-al doilea caz, soluția cea mai exactă constă în determinarea consumului specific pe fiecare produs sau sort și urmărirea separată a acestora. Desigur că această soluție nu vine în considerare decît dacă în procesul tehnologic respectiv există linii tehnologice separate pentru fiecare produs sau sort, sau dacă, într-o anumită perioadă de timp, tot procesul tehnologic contribuie la realizarea aceluiași produs sau sort. În acest caz se pot determina caracteristici energetice separate pe fiecare produs sau sort și pe baza lor se poate face o urmărire detaliată a consumului de energie (fig. 1).

Totuși, acești indicatori nu corespund în aceeași măsură pentru planificarea necesarului de energie la nivelul ramurii sau economiei naționale, și în special pentru planificarea de perspectivă, în care nu se intră în detaliile sortimentelor, ci se urmăresc numai principalii indicatori sintetizați în produsele principale. Este, deci, necesar ca acești indicatori să fie concentrați într-unul singur, și acest lucru se realizează de obicei prin utilizarea unităților echivalente sau prin reducerea producției la un produs sau sort considerat drept etalon, din punct de vedere energetic.

---

* Ing. V. Caracudovici este cercetător principal la Institutul de energetică al Academiei R.P.R.; fiz. E. Dorfman este inspector energetic în cadrul Inspecției energetice din M.M.E.E.

$$V_{red} = V_R + \sum_{i=1}^{n-1} V_i k_i,$$

în care:

V_{red} este volumul redus al producției;

V_R — volumul producției din sortul de referință;

V_i — volumul producției din celelalte sorturi;

k_i — coeficientul de reducere ca raport între consumul specific de energie mediu pentru sortul de referință și cel mediu al sortului i considerat;

n — numărul sorturilor sau produselor realizate.

La alegerea sortului sau produsului de referință se ține seamă ca acesta să reprezinte ponderea cea mai mare a producției pe toată gama de produse considerate.

Dacă structura producției rămîne practic neschimbată, se poate determina și o caracteristică energetică unică, pe baza căreia se poate face urmărirea consumului de energie în procesul tehnologic considerat. Pentru utilizarea acestor indicatori în planificare trebuie să se țină seamă și de eventualele schimbări de structură ale producției care pot afecta mult mărimea indicatorului, acest lucru realizîndu-se în cadrul studiilor de dinamica consumurilor specifice de energie.

În practică, situația descrisă se întîlnește relativ rar, de obicei neexistînd, din motive de organizare a procesului tehnologic sau a evidenței energetice și de producție, posibilitatea determinării consumului specific pe fiecare produs sau sort. Situațiile reale pot fi însă grupate în cîteva categorii, cărora le corespund anumite soluții, astfel:

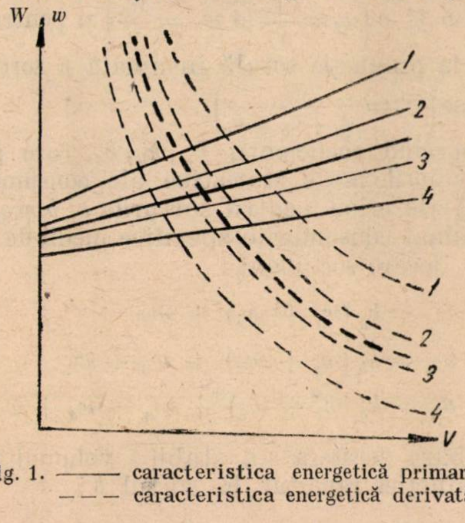


Fig. 1. ——— caracteristica energetică primară;
– – – caracteristica energetică derivată.

a) *Din procesul de producție rezultă simultan două sau mai multe produse intim legate între ele, în proporții fixe, neputînd fi produs unul fără ca să rezulte în mod necesar și celelalte* (cazul tipic al instalațiilor de electroliză); atunci consumul de energie al întregii instalații poate fi repartizat pe produsele realizate pe baza cunoașterii intime a procesului; de exemplu pentru instalațiile de electroliză, pe baza cunoașterii reacțiilor de formare a produselor principale care rezultă din proces.

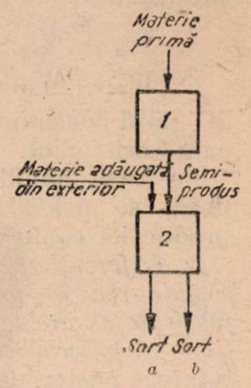


Fig. 2.

În alte cazuri însă, cunoașterea intimă a procesului tehnologic prezintă dificultăți sau măsurarea produselor realizate se face cu greutate, și de aceea s-a convenit să se repartizeze consumul de energie al întregii instalații pe produsul principal, în scopul căruia s-a întreprins procesul tehnologic respectiv; de exemplu, în cazul electrolizei clorurii de sodiu, s-a repartizat consumul de energie numai la hidroxidul de sodiu, celelalte două produse (clorul și hidrogenul) prezentînd dificultăți de evidență.

Dacă s-a adoptat această ultimă soluție, în planificarea energetică trebuie să se ia în considerare ca indicator în nomenclatorul produselor numai cel al produsului principal, pentru a se evita dublele înregistrări.

b) *Din procesul tehnologic rezultă simultan un număr de produse sau sorturi, neexistînd o proporție fixă între ele*, adică ponderea diferitelor sorturi poate fi variată funcție de cel care conduce procesul, de calitatea materiilor prime sau de alți factori (cazul cel mai general); atunci pentru adoptarea unei soluții trebuie să se treacă la analiza schemei procesului tehnologic și a schemei de alimentare cu energie.

Dacă există posibilitatea de a se urmări consumul specific pe porțiuni distincte din proces (secții, de exemplu), adică dacă există posibilitatea măsurării producției și consumului pe fiecare porțiune și deci a determinării caracteristicilor energetice pe fiecare porțiune, se pot determina și familiile de caracteristici energetice, ținîndu-se seamă de consumurile specifice de materii prime și semifabricate la diferite nivele din procesul tehnologic.

Situațiile complicate ale diferitelor procese tehnologice pot fi reduse la următoarele cazuri:

1. *Diferențierea între sorturi se produce pe parcursul procesului prin adăugarea în proporții diferite a unui material venit din afara procesului* (fig. 2); de exemplu, procesul tehnologic pentru fabricarea cimentului, în care diferența principală între sorturi intervine prin variația cantității de adaosuri de măcinare în ultima fază a procesului (măcinarea cimentului).

Dacă se notează cu k_a și k_b consumurile specifice de semifabricate (cantitatea de semifabricat necesară pentru o unitate de producție finită realizată) pentru sorturile a și b, cunoscînd caracteristicile energetice ale secțiilor 1 și 2 (considerate pentru simplificare drepte), caracteristicile energetice pe sorturi rezultă prin însumare :

$$W_a = W_{g1} + W_{g2} + (\alpha_1 k_a + \alpha_2)\, V_a$$
$$W_b = W_{g1} + W_{g2} + (\alpha_1 k_b + \alpha_2)\, V_b,$$

W_g fiind consumurile de mers în gol și α pantele caracteristicilor.

Pe baza familiei de caracteristici astfel dedusă, se poate determina volumul redus al producției conform exemplului precedent.

2. *Diferențierea între sorturi se produce prin combinarea în proporții diferite a două semifabricate și prelucrarea lor ulterioară într-o porțiune a procesului* (fig. 3); de exemplu, amestecarea pastei de lemn și pastei de celuloză pentru producerea diferitelor sorturi de hîrtie.

Dacă se notează k_{1a} și k_{2a} consumurile specifice de semifabricat 1 și 2 pentru sortul a și cu k_{1b} și k_{2b} cele pentru sortul b, caracteristicile energetice pe sorturi au forma :

$$W_a = W_{g1} + W_{g2} + W_{g3} + (\alpha_1 k_{1a} + \alpha_2 k_{2a} + \alpha_3)\, V_a$$
$$W_b = W_{g1} + W_{g2} + W_{g3} + (\alpha_1 k_{1b} + \alpha_2 k_{2b} + \alpha_3)\, V_b.$$

3. *Diferențierea între sorturi intervine prin succesiuni diferite de operații tehnologice, din care unele pot fi comune pentru diferite sorturi sau produse finite* (fig. 4); de exemplu, sorturile de celuloză care necesită fierberi și albiri suplimentare.

Dacă se notează cu K_{1a} și K_{1b} consumurile specifice de semifabricat 1 pentru producerea sorturilor a și b și K_{2a} — consumul specific de semifabricat 2 pentru sortul a, caracteristicile energetice rezultă din relațiile :

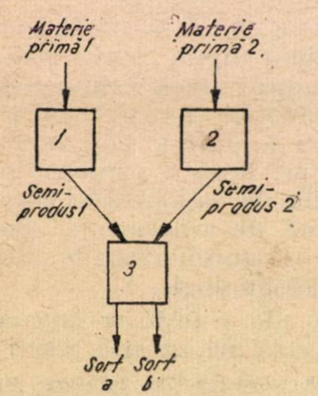


Fig. 3.

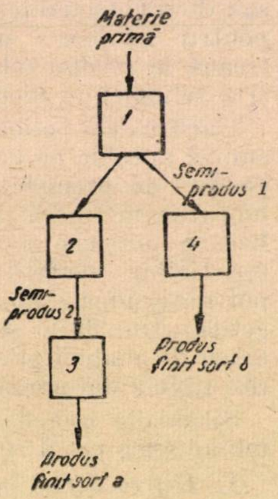


Fig. 4.

$$W_a = W_{g1} + W_{g2} + W_{g3} + (\alpha_1 k_{1a} + \alpha_2 k_{2a} + \alpha_3)\, V_a$$
$$W_b = W_{g1} + W_{g4} + (\alpha_1 k_{1b} + \alpha_4)\, V_b.$$

Aplicarea acestor metode se bazează pe aproximația că într-o secție în care se prelucrează două produse similare sau două sorturi ale aceluiași produs, consumul specific de energie nu depinde de sortiment; de exemplu, în cazul cimentului, consumul specific al operației de măcinare a cimentului nu depinde de ponderea adaosurilor de măcinare, sau în cazul celulozei consumul specific al mașinilor de tras nu depinde de proporția între pasta de hîrtie și cea de celuloză.

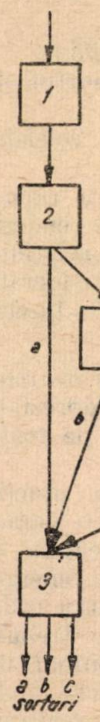


Fig. 5.

Dacă nu există posibilitatea de a se determina pentru fiecare porțiune din proces caracteristicile energetice, necunoscîndu-se producția de semifabricate de-a lungul procesului, s-a încercat aplicarea unor metode mai aproximative, grupîndu-se anumite porțiuni din proces și raportîndu-se numai la elementele tehnologice cunoscute.

De exemplu, pentru un proces tehnologic ca cel din figura 5, în care sortimentele b și c trec și prin operații diferite și se cunoaște numai materia primă prelucrată și producțiile realizate din fiecare sort, s-au determinat consumurile specifice medii pentru o anumită perioadă, raportate pentru secția 1 și 2 la materia primă prelucrată $\left(w_1 = \frac{W_1}{V_{mp}} \text{ și } w_2 = \frac{W_2}{V_{mp}}\right)$, pentru secția 4 și 5 la producția realizată din sortul b și c $\left(w_4 = \frac{W_4}{V_b} \text{ și } w_5 = \frac{W_5}{V_c}\right)$ și pentru secția 3, la producția totală însumată a sorturilor produse $\left(w_3 = \frac{W_3}{V_a + V_b + V_c}\right)$.

Cunoscînd coeficienții k_a, k_b, k_c, care reprezintă valorile medii statistice ale consumurilor de materie primă pentru sorturile a, b și c, s-au determinat consumurile specifice medii de energie pe fiecare sortiment :

$$w_a = k_a (w_1 + w_2) + w_3$$
$$w_b = k_b (w_1 + w_2) + w_3 + w_4$$
$$w_c = k_c (w_1 + w_2) + w_3 + w_4 + w_5$$

și pe baza acestora s-a stabilit volumul redus al producției raportat la sortul b :

$$V_{red} = k'_a V_a + V_b + k_c V_c,$$

unde :

$$k'_a = \frac{k_a}{k_b}; \quad k'_c = \frac{k_c}{k_b}.$$

Pe această bază s-a determinat și caracteristica energetică raportată la volumul redus al producției.

În cazul cînd numărul produselor și sortimentelor este mare, aplicarea metodelor de mai sus devine foarte greoaie, chiar dacă condițiile permit determinarea caracteristicilor energetice pe fiecare produs. De aceea, raportarea la un sortiment etalon se face de obicei prin valorile medii ale consumurilor specifice pe sortimente sau pe grupe de sortimente asemănătoare; de exemplu, în cazul unui laminor, se împart produsele realizate în grupe funcție de dimensiuni și profil (în raport cu necesitatea schimbării cilindrilor de laminare), se determină valorile medii ale consumurilor specifice și volumul redus al producției în unități echivalente.

Dacă numărul produselor și sortimentelor este mare și nu se pot determina consumurile specifice pe sortimente sau pe grupe de sorturi, sau dacă unitățile naturale în care se exprimă acestea nu reflectă just consumul de energie necesar pentru realizarea produselor respective, se caută să se folosească unități convenționale sau natural-convenționale.

Unitățile natural-convenționale reprezintă, de obicei, produsul între două unități naturale sau între o unitate naturală și una convențională. Astfel, de exemplu în filaturi, se utilizează de obicei pentru raportarea consumului de energie exprimarea producției în kilonumere (produs între kg de fire și numărul firului care crește pe măsură ce firul devine mai subțire); în transporturi se utilizează tona-kilometru (produsul între cantitatea transportată în tone și distanța parcursă în km); s-a încercat să se utilizeze și produsul tonă-kilometru-pantă medie, ceea ce a creat însă dificultăți de evidență care nu au justificat creșterea preciziei.

Ca unități convenționale se folosește, de obicei, numărul de bătăi pentru spata de țesut în cazul țesăturilor.

În orice caz, folosirea unei unități natural-convenționale sau convenționale trebuie verificată experimental, în comparație cu celelalte unități folosite pentru urmărirea producției, sau prin corelarea consumului de energie cu productivitatea, pe baza datelor statistice existente, coeficientul de corelație fiind în acest caz criteriul de alegere a soluției.

Tot ca unități convenționale poate fi considerată și valoarea producției, și ea se aplică numai în cazul în care producția este foarte neomogenă, cînd nu a putut fi aplicată nici una dintre metodele și unitățile arătate mai sus sau cînd producția respectivă este neînsemnată din punctul de vedere al consumului de energie în raport cu alte produse. Această unitate, deși nu corespunde cerințelor arătate, poate da totuși indicații generale asupra gospodăririi energiei, dacă structura sortimentelor produse nu a suferit modificări mari.

Dificultățile create prin neomogeneitatea produsului finit pot fi înlăturate în unele procese tehnologice prin considerarea indicatorilor de consum specific raportați nu la producțiile realizate, ci la materiile prime consumate, la producția unui semifabricat care nu prezintă neomogeneitate, sau chiar la realizarea unui produs deșeu. De exemplu, pentru unitățile de prelucrare a lemnului, prin raportarea consumului specific la m^3 de material prelucrat; pentru fabricarea cimentului, prin raportarea la producția de clincher; pentru prelucrarea metalului, la cantitatea de șpan rezultată etc. La această soluție, însă, poate conduce și faptul că unitățile de măsură ale produsului finit nu corespund cerințelor stabilirii și normării consumurilor specifice de energie; de exemplu, la prelucrarea sfeclei de zahăr, întrucît producția de zahăr depinde de conținutul de zahăr din sfeclă și consumul de energie depinde în special de cantitatea de sfeclă prelucrată, se raportează consumul specific la materia primă prelucrată. Aceeași situație există în cazul prelucrării metalelor, unde cantitatea de șpan rezultată este strîns legată de energia consumată pentru prelucrare.

La alegerea unităților de măsură pentru raportarea producției trebuie să se țină seamă și de posibilitățile practice de măsură și control; astfel, de exemplu, deși cantitatea de șpan corespunde din punct de vedere energetic pentru raportarea consumului de energie la prelucrarea metalelor, aceasta nu se utilizează, deoarece creează dificultăți mari în evidență.

În orice caz, unitățile alese în acest fel trebuie să fie legate prin diferite relații și de producțiile realizate, pentru ca indicatorii de consum specific să servească și pentru planificarea energetică.

Compensarea vîrfului de sarcină în industria cimentului

B. MARCU, E. MIHAIL,
I. PALADE şi A. DONOS*

1. Metode de compensare a vîrfurilor energetice în general, şi în industria cimentului în particular

Satisfacerea nevoilor crescînde de energie electrică în condiţiile unui consum neuniform devine posibilă prin aplicarea unor măsuri speciale pentru acoperirea cerinţelor de putere ale consumatorilor, şi anume :

— construirea de noi surse energetice ;

— reglarea sarcinii prin deplasarea unor consumuri din orele de vîrf ale sistemului electroenergetic, în orele de sarcină redusă ale acestuia ;

— aplicarea parţială şi concomitentă a mijloacelor de mai sus.

Printre marii consumatori de energie electrică se numără şi fabricile de ciment. Participarea acestora la compensarea vîrfurilor de sarcină se poate face asigurîndu-se îndeplinirea următoarelor condiţii : realizarea planului de producţie dat şi realizarea celui mai economic consum de energie electrică. Este necesară în acest caz corelarea în timp a funcţionării instalaţiilor de măcinare cu funcţionarea centralelor electrice, pentru determinarea intervalului optim de funcţionare a morilor — care absorb o putere importantă. Funcţionarea morilor în limita optimă determinată va avea ca rezultat o eficienţă maximă pe ansamblul economiei naţionale.

Pentru clarificarea ideilor se consideră următoarele variante :

a) Funcţionarea continuă a instalaţiilor de măcinare. În acest caz sînt necesare unităţi energetice suplimentare cu o funcţionare discontinuă şi redusă în perioada vîrfurilor de sarcină (6—8 ore/zi).

b) Funcţionarea continuă a agregatelor existente în centrală, compensarea vîrfurilor de sarcină făcîndu-se cu ajutorul consumatorilor-tampon.

În acest caz sînt necesare capacităţi sporite de măcinare, care să funcţioneze în afara orelor de vîrf ale sistemului energetic (16—18 ore/zi).

Din punctul de vedere al economiei naţionale, a doua alternativă, care prevede reglarea sarcinii, este mai economică. Instalaţiile de măcinare sînt adecvate pentru uniformizarea consumului din sistem deoarece :

— tehnologia de fabricare a cimentului nu necesită o funcţionare continuă a instalaţiilor de măcinare ;

— instalaţiile de măcinare au mori acţionate de electromotoare cu puteri mari (500, 1 000 şi 1 600 kW). Puterea consumată de instalaţiile de măcinare reprezintă circa 70% din puterea totală dintr-o fabrică de ciment ;

— instalaţiile de măcinare sînt servite de un număr relativ mic de muncitori (1—3 muncitori la o putere instalată de 1 000 kW).

2. Modul de funcţionare a fabricilor de ciment la orele de vîrf, aplicat pînă în prezent în R.P.R.

Pînă în prezent, în R.P.R. s-au efectuat reduceri de putere în fabricile de ciment, la orele de vîrf de sarcină ale sistemului, în limite restrînse. Aceste reduceri de putere au fost posibile avîndu-se în vedere rezervele existente în capacitatea de măcinare a morilor şi mărirea indicilor de productivitate a acestora.

În cadrul fabricilor de ciment, se pot opri în general la vîrful de sarcină al sistemului următoarele agregate : excavatoare din carieră sau depozite de zgură ; concasoare ; poduri rulante ; compresoare ; mori ; unele pompe de apă.

Fiecare fabrică are, însă, probleme specifice de lucru, de rezervă a capacităţilor, de aprovizionare cu materii prime, utilaje şi instalaţii diferite etc.

Dintre fabricile de ciment existente în R.P.R., numai fabrica *A*, cu procedeul umed de fabricaţie, reduce, din anul 1959, în mod programat consumul de putere la orele de vîrf. În cele ce urmează se va arăta modul de funcţionare a acestei fabrici.

Pentru a putea beneficia de avantajele tarifare ce rezultau din tariful de energie electrică aplicat pînă la 1.I.1963, fabrica reducea în orele vîrfului de seară 50% din puterea maximă absorbită.

Reducerea de putere la orele de vîrf se făcea prin oprirea din funcţionare a agregatelor a căror lipsă temporară din lanţul tehnologic nu provoacă perturbări în mersul ritmic al întregii fabrici.

Realizarea planului de producţie al fabricii se asigură printr-o funcţionare intensivă a agregatelor în afara orelor de vîrf.

Pentru menţinerea funcţionării ritmice a utilajelor în afara vîrfului, s-a aplicat o serie de măsuri organizatorice, printre care cităm :

— Curăţirea locului de muncă (bazine de pastă, rigole), reviziile şi reparaţiile curente (angrenaje, garnituri la pompe etc.) se fac în mod planificat pentru fiecare agregat, numai în orele de vîrf.

---

* Ing B. Marcu este inspector general al Inspecţiei energetice din M.M.E.E. ; ing. E. Mihail este energetic şef al M.I.C. ; I. Palade este inginer la Institutul de cercetări şi proiectări pentru materiale de construcţii ; A. Donos este inginer principal în Inspecţia energetică din M.M.E.E.

— Controlul și încărcarea morilor cu corpuri de măcinare se fac cu precădere în orele de vîrf.

— Asigurarea cu materii prime a tuturor agregatelor atunci cînd trebuie să meargă la plină sarcină.

— Instruirea șefilor de schimb din secțiile de producție și stațiile de transformare pentru a stăpîni ritmul de funcționare impus de cele de mai sus.

Față de utilajele instalate în fabrică, au fost stabilite două variante de lucru posibile prin care să se asigure reducerea cu 50% a puterii absorbite la vîrf. Aceste variante sînt indicate în tabela 1.

Tabela 1

Varianta I

Denumirea utilajului	Utilaje instalate		Utilaje ce se opresc	
	nr.	putere instalată, %	nr.	putere absorbită, %
Concasoare	4	7,1	3	5,3
Mori brute pastă	6	68,6	6	70,4
Pompe pastă	5	2,1	2	2,0
Poduri rulante	4	2,5	1	1,2
Benzi transportoare	12	4,5	12	5,0
Mori ciment	6	11,4	1	12,0
Compresoare	7	3,8	1	4,1
Total	44	100	26	100

Varianta II

Denumirea utilajului	Utilaje instalate		Utilaje ce se opresc	
	nr.	putere instalată, %	nr.	putere absorbită, %
Concasoare	4	2,5	1	1,9
Mori ciment	6	72.0	6	76,9
Pompe ciment	3	5,0	2	3,7
Compresoare	7	12,0	3	12,9
Poduri rulante	4	7,7	3	3,7
Benzi transportoare	12	0,8	2	0,9
Total	36	100	17	100

După cum se observă, cuptoarele, fiind consumatori de categoria I, funcționează în ambele variante, în schimb concasoarele și benzile transportoare pot fi oprite și într-un caz și în altul.

Introducerea acestui program la fabrica *A* a fost favorizată de o bună aptitudine la măcinare a materiei prime, existînd din această cauză un disponibil suficient de măcinare în mori.

Aplicarea variantei de lucru se precizează de către dispecerul de serviciu al fabricii — cu oarecare elasticitate — în funcție de situația zilnică a stocului de pastă (sau a rezervelor de calcar) și a disponibilului de ciment pentru expediție.

În caz de lipsă și de pastă și de ciment, se favorizează varianta în care rezerva este într-o situație mai critică. Dacă un cuptor este în reparație, schema de funcționare se completează cu două concasoare sau se mai deconectează o moară de pastă și se înlocuiește cu una de ciment etc.

Cele două variante de bază sînt elastice și constituie numai schema generală de funcționare la orele de vîrf de sarcină. Dispecerii de serviciu stabilesc precis, pentru fiecare, și subvarianta convenabilă situației existente. După caz, se poate opri și rampa de expediție sau uscătorul de zgură etc., opriri care în variantele de bază nu se prevăd în mod normal.

Pe tot intervalul orelor de vîrf se execută un control al consumului de putere din stațiile de transformare, prin șefii de schimb, care se fac răspunzători de orice neîncadrare în consumul admis prin contract. El sesizează dispecerul pe fabrică în cazul încetinirii lucrului în secții, pentru a se constata și elimina deficiențele de funcționare.

Duminica, fabrica lucrează în plin în tot cursul zilei.

Ca urmare a modului de lucru descris, s-a putut elimina o serie de deficiențe în fabrică.

Astfel, prin micșorarea numărului de opriri ale agregatelor s-a mărit durata de funcționare a aparatajului de pornire.

În secția de compresoare s-a putut stabili un program judicios de funcționare a agregatelor. Cu ocazia experimentării regimului de lucru de mai sus, s-a constatat că se funcționa acoperitor cu trei compresoare, fiind suficientă menținerea în funcțiune a numai două compresoare. Economia realizată lunar a fost de circa 50—80 MWh.

S-a fixat un program de funcționare a transformatoarelor după grafic, îmbunătățindu-se factorul de putere natural. Utilizînd și mijloace artificiale de compensare, fabrica a ajuns pînă la valoarea de 0,92 în 1962.

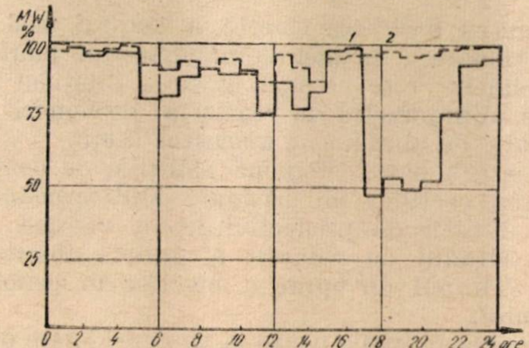


Fig. 1. Curba de sarcină a fabricii *A*:
1 — zi lucrătoare; *2* — zi de repaus.

De asemenea s-a pus la punct funcționarea pompelor de ciment, astfel încît o pompă servește trei mori.

S-a realizat o îmbunătățire a calității reviziilor și reparațiilor curente, care se fac după un program stabilit. De asemenea s-a îmbunătățit forma curbei de sarcină. În figura 1 se prezintă curba de sarcină a fabricii pentru o zi lucrătoare și pentru o zi de repaus.

Acest mod de lucru constituie și unul din factorii care conduc la scăderea continuă a consumului specific de energie electrică pe tona de ciment.

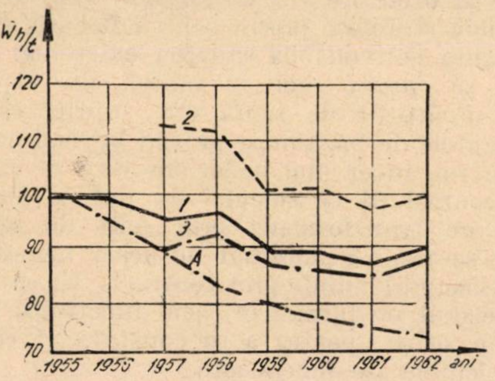


Fig. 2. Variația consumului specific:
1 – consum total în industria cimentului; 2 – procedeul uscat; 3 – procedeul umed; A – fabrica A.

Variația consumului specific în industria cimentului are o alură descrescătoare, ca în figura 2.

La fabrica *A* s-a realizat, în 1962, un consum specific de 73,7 kWh/t, ceea ce reprezintă cel mai scăzut consum specific comparativ cu celelalte fabrici care lucrează pe procedeul umed.

Reducerea consumului de putere în orele vîrfului de sarcină la patru fabrici de ciment a fost obiectul unor studii tehnico-economice, ajungîndu-se la concluzia că este oportună efectuarea de investiții suplimentare la consumator în acest scop.

3. Modul de funcționare propus al secțiilor de măcinare din fabricile de ciment în afara orelor de vîrf. Principii și date de bază

Pentru aplicarea corectă a acestui mod de funcționare a secțiilor de măcinare din fabricile de ciment, este necesară găsirea soluțiilor optime, din punctul de vedere al economiei naționale, de amplificare a acestor secții.

Factorii care determină soluțiile de dezvoltare a secțiilor de măcinare sînt următorii:

1. Indicii de productivitate a morilor.
2. Gradul de reducere a puterii absorbite.
3. Timpul de oprire a morilor în perioada vîrfului.

Pentru fabricile noi se ia în considerare oprirea tuturor instalațiilor de măcinare la orele de vîrf ale sistemului (reducerea maximă a puterii absorbite).

În cazul opririi tuturor morilor la vîrf, capacitatea de măcinare este în funcție de timpul de oprire a acestora. Se vor determina diferite variante ale capacității de măcinare, care corespund la diferiți timpi de oprire (6 – 8 ore).

Din comparația tehnico-economică a acestor variante de capacitate va rezulta capacitatea optimă a morilor, căreia îi corespunde un timp optim de oprire.

Soluția optimă va fi aceea care, pentru aceeași capacitate de producție, la indici optimi de productivitate, la un grad de reducere maximă a puterii absorbite și la un timp cît mai mare de oprire a morilor în perioada de vîrf, conduce la economii maxime în exploatare, deci la un preț de cost minim pe tona de ciment produsă și la o durată minimă de recuperare a investițiilor suplimentare din fabrică.

Pentru extinderi de fabrici, capacitățile morilor se stabilesc în funcție de două variante:

1) gradul de reducere a puterii absorbite de fabrică și

2) timpul de oprire a morilor.

Se iau în considerare variante de amplificare a secțiilor de măcinare, corespunzînd la diferite grade de reducere a puterii absorbite și la diferiți timpi de oprire a morilor.

Amplificarea optimă rezultă din compararea tehnico-economică a acestor variante.

Soluția optimă este determinată de aceleași condiții ca în cazul fabricilor noi, dar reducerea puterii absorbite este uneori limitată de posibilitățile de realizare a amplificărilor.

3.1. *Indicii de productivitate a morilor utilizate în R.P.R.*

Morile cu pastă și ciment au fost calculate în ipoteza măcinării unor materiale de duritate medie, cu o granulație de 0 – 30 mm.

După datele din literatură, s-a considerat o finețe de măcinare de 8 – 10 % pentru materialul uscat din pastă și de 6 – 8 % pentru ciment.

Ținînd seamă de aceste cifre și avînd în vedere că în viitor se vor aduce morilor îmbunătățiri constructive, că se vor respecta riguros prescripțiile tehnologice de funcționare a morilor și că se va îmbunătăți și mai mult întreținerea instalațiilor secțiilor de măcinare, s-au introdus în calcule productivitățile menționate în tabela 2.

Tabela 2

Dimensiunile principale ale morilor, m	Putere nominală motor, kW	Producția, t/h	
		pastă (mat. uscat)	ciment
Ø 2,2 × 11	500	18 – 28	17
Ø 2,6 × 13	900	32 – 42	30
Ø 3 × 14	1 600	74	54 (62*)

* circuit închis.

3.2. *Gradul de reducere a puterii absorbite de fabrică din sistemul energetic*

Instalațiile de măcinare absorbind circa 70 % din puterea totală absorbită de fabrică, gradul maxim posibil de reducere a puterii absorbite de fabrică la vîrf este de circa 70 %, la oprirea totală a morilor și utilajelor auxiliare.

3.3. *Timpul de folosire a morilor*

Unul dintre elementele de bază ale reglajului consumului de energie electrică este timpul de folosire a morilor.

Acest timp trebuie să fie corelat cu media anuală a duratei zilnice a vîrfurilor de sarcină ale sistemului. Timpul de oprire a morilor la vîrf trebuie să fie cel puțin egal cu această durată, respectiv de circa 6 ore pentru sistemul energetic al R.P.R.

Durata optimă de funcționare a morilor este de 16—18 ore pe zi.

Timpul optim se determină prin încercări și prin examinarea eficienței economice obținute. Pentru simplificarea calculelor se poate alege un timp zilnic mediu anual de funcționare a morilor, în limitele indicate de literatură.

Inițial, în proiecte morile sînt prevăzute să funcționeze 7 150 ore/an (325 zile × 22 ore/zi). În noul regim de funcționare, cuptoarele vor funcționa 24 ore/zi, iar morile 325 zile cîte 18 ore pe zi, adică 5 850 ore pe an.

Pierderile de producție cauzate de întreruperile accidentale în funcționarea morilor, în perioada celor 18 ore de lucru, se pot compensa pe seama rezervelor minime de capacitate prevăzute, fără micșorarea timpului zilnic de oprire.

3.4. *Numărul de mori suplimentare care vor funcționa în afara orelor de vîrf*

Pentru fiecare din variantele de capacitate de măcinare, determinate în funcție de reducerea puterii absorbite și de timpul de oprire a morilor, se amplifică secțiile de măcinare ale fabricii cu un număr de mori de pastă și ciment, deci cu o anumită putere suplimentară.

Capacitatea de măcinare pe fabrică se determină, pentru fiecare variantă, astfel ca să acopere capacitatea anuală necesară și să asigure o rezervă minimă de capacitate, care poate fi mărită în timpul exploatării, așa cum s-a indicat mai sus, și utilizată eventual pentru producerea unor cimenturi superioare.

3.5. *Costuri de investiții și cheltuieli anuale de exploatare în fabrică*

În cheltuielile de investiții se cuprind morile și instalațiile auxiliare, modificările instalațiilor tehnico-industriale, amenajările părții electroenergetice (inclusiv stațiile de transformare sau conexiuni ale fabricii) și amenajările la clădiri.

Pentru fiecare variantă au fost calculate cheltuielile și economiile anuale, timpii de recuperare a investițiilor din economiile anuale, precum și reducerea prețului de cost pe tona de ciment produs.

S-a ținut seamă că, în cazul neparticipării la vîrful de sarcină sau al unei participări reduse, se beneficiază de tarife mai avantajoase pentru plata energiei electrice.

3.6. *Compararea economică a soluțiilor de instalare de capacități suplimentare în mori cu instalarea de putere de echivalare în centrale*

1. Au fost comparate cheltuielile de investiții pentru instalațiile suplimentare în fabrică, în diferite variante ale capacității suplimentare de măcinare, cu cheltuielile de investiții în centrale electrice și pentru deschideri de mine, în rețeaua de 110/35 kV și în stațiile de transformare respective, pentru puterile de echivalare corespunzătoare variantelor de capacitate.

2. Au fost comparate cheltuielile pentru exploatarea instalațiilor suplimentare cu cheltuielile anuale suplimentare în centrale. Acestea din urmă rezultă din însumarea :

a) cheltuielilor anuale pentru consumul suplimentar de combustibil pentru energia de vîrf;

b) economiilor anuale de combustibil pentru încărcarea centralei în afara vîrfului;

c) cheltuielilor suplimentare generale anuale pentru amortizări, întreținere și reparații.

4. Concluziile privitoare la introducerea reglajului sarcinii la patru fabrici de ciment existente

Pentru determinarea soluției optime de amplificare a secțiilor de măcinare ale fabricilor de ciment, în scopul reducerii consumului de putere la orele de vîrf, s-a analizat situația la patru fabrici de ciment din R.P.R.

În studiile tehnico-economice efectuate în acest sens, s-a analizat problema pe ansamblul economiei naționale.

Pentru fiecare dintre aceste fabrici s-au studiat variante de reducere a puterii absorbite, stabilindu-se numărul de mori cu care se amplifică secțiile de măcinare și rezervele de capacitate ce se creează. În tabela 3 se dau rezultatele obținute adaptate și pe ansamblu.

Lucrările prevăzute în fabrici cuprind și amenajările clădirilor, instalațiilor tehnico-industriale etc.

În tabela 4 se redau, în procente, elementele comparative ale soluțiilor de amplificare a fabricilor de ciment adoptate și de extindere a centralelor electrice.

Investiția specifică în fabrică a fost definită ca raportul între investiția din fabrică și puterea de echivalare instalată suplimentar în centrală.

În cazul fabricilor de ciment existente intervin uneori condiții cu caracter local, ca de exemplu uniformitatea utilajului, sistematizarea secțiilor de măcinare etc., care pot avea în anumite situații prioritate față de condițiile generale care determină în mod normal soluțiile optime.

Astfel, pentru fabrica *A* s-a ales ca soluție optimă varianta care asigură o reducere intermediară a puterii în perioada de vîrf de 70%. Se realizează o reducere maximă a prețului de cost al cimentului, 6,46%, față de 5,55% dată de varianta maximă, și o durată de amortizare a investițiilor de 1 an, față de 1,8 ani din varianta maximă.

Raportul între investițiile specifice în fabrică și centrale este de 30% (față de 48% din varianta maximă), iar cel dintre cheltuielile anuale este de circa 26% (față de 45% din varianta maximă).

Pentru fabrica *B*, soluția optimă este dată de varianta maximă, care asigură cea mai mare reducere a puterii absorbite de fabrică (65%) și realizează o reducere maximă a prețului de cost al tonei de ciment (6,78%). Varianta recomandată prezintă o investiție specifică în fabrică de 33% față de aceea din centrală. Raportul cheltuielilor anuale este de 31,4%.

Tabela 3

Nr. crt.	Denumirea indicelui	U/M	Fabrica				Total 4 fabrici
			A	*B*	*C*	*D*	
1	Putere maximă absorbită :						
	— în prezent	MW	14,3	16,5	19,3	14,0	64,1
	— după dezvoltare	MW	15,3	17,6	20,5	15,1	68,5
2	Reducerea puterii în perioada de vîrf față de :						
	— puterea maximă absorbită	MW	9,7	10,2	11,4	10,3	41,6
		%	68	62	59	74	65
	— puterea maximă absorbită după dezvoltare	MW	10,7	11,3	12,6	11,4	46,0
		%	70	65	62	76	67,2
3	Puterea de echivalare în centrale	MW	12,4	13,1	14,6	13,2	53,3
4	Puterile absorbite de morile nou instalate :						
	— mori pastă	MW	0,4*	0,7	1,65**	1,1	3,85
	— mori ciment	MW	0,4	0,4	1,65	—	2,45
5	Nr. de mori pentru amplificarea secțiilor de măcinare :						
	— mori pastă	buc.	1Ø2,2×11	1Ø2,6×13	1Ø3×14	1Ø2,2×11 1Ø2,6×13	2Ø2,2×11 2Ø2,6×13 1Ø 3×14
	— mori ciment	buc.	1Ø2,2×11	1Ø2,2×11	1Ø3×14	—	2Ø2,2×11 1Ø3 ×14
6	Rezervele de capacitate de măcinare ce se pot crea :						
	— pastă	%	5,55	1,63	0,88	5,3	3,03
	— ciment	%	5,4	5,1	10,6	2,6	9

* Morile de Ø 3 × 14 se trec pe circuit închis.

** Se demontează morile vechi—cominor dana.

Tabela 4

Nr. crt.	Denumirea indicelui	U/M	Fabrica				Total 4 fabrici
			A	*B*	*C*	*D*	
1	Raportul procentual între investiția specifică în fabrică și în centrală	%	30	33	30	31	31
2	Raportul procentual între cheltuielile anuale în fabrici și în centrale pentru instalațiile suplimentare	%	25,6	31,6	32	29	29,7
3	Timpul de recuperare a investiției	ani	1	1,1	1,1	1,1	1,08
4	Reducerea prețului de cost pe tona de ciment	%	6,46	6,78	5,04	7,24	6,56

Pentru fabrica *C* s-a analizat o soluție unică, din cauza condițiilor locale, care, o dată cu reglajul sarcinii la vîrf, impune uniformizarea tensiunilor în fabrică și modernizarea unor utilaje cu uzură morală pronunțată.

Pentru fabrica *D*, în soluția optimă se reduce puterea absorbită la vîrf cu 76%, iar prețul de cost al tonei de ciment cu 7,24%. Raportul între investițiile specifice este de 31%, iar raportul între cheltuielile anuale de 29%.

Din analiza pe ansamblu a celor patru fabrici de ciment rezultă că, prin majorarea cu circa 4,4 MW a puterii absorbite în afara orelor de vîrf, devine posibilă reducerea pe timp de 6 ore/zi a unei puteri de 46 MW, adică 67,2% din puterea maximă absorbită după dezvoltare, respectiv o reducere de 41,6 MW, sau 65% față de puterea maximă absorbită în prezent. Acestei reduceri de putere îi corespunde o putere de echivalare în centrale de circa 53 MW.

Pentru realizarea acestei reduceri a fost necesară instalarea suplimentară a cinci mori de pastă și trei mori de ciment, care absorb o putere totală de circa 6,3 MW. Rezervele de capacitate care se creează prin aceasta sînt de 3,03% la pastă și 9% la ciment.

Investițiile specifice suplimentare în fabrici pentru reducerea consumului de putere la vîrf reprezintă 31% din investițiile specifice din centrale, iar cheltuielile anuale pentru instalațiile suplimentare reprezintă 29,7% din cheltuielile anuale din centralele electrice.

Timpul de recuperare a investițiilor este de 1,08 ani, iar prețul de cost pe tona de ciment se reduce cu 6,56%.

5. Concluzii privind aplicarea metodei reglajului la fabricile de ciment

Pentru a se compensa vîrful de sarcină în sistemul energetic, alternativa dezvoltării secțiilor de măcinare din fabricile de ciment este mai economică decît alternativa instalării de puteri suplimentare în centralele electrice de vîrf.

Prin instalarea morilor de rezervă se evită montarea de noi agregate de rezervă în centrale, al căror număr de ore de utilizare, de circa 1 500—2 000 ore anuale, ar fi foarte redus.

Prin amplificarea secțiilor de măcinare se reduc cheltuielile de energie electrică, prin transferarea unor consumuri de energie electrică (produsă scump în perioada de vîrf) în orele de sarcină redusă ale centralelor, îmbunătățindu-se încărcarea centralelor de bază și deci economicitatea funcționării acestora.

Cheltuielile pentru 1 kWh produsă la vîrf sînt aproape de trei ori mai mari decît cheltuielile producerii unei kWh în afara vîrfului.

Ca o consecință se obțin în sectorul cimentului avantaje importante la tarifele de plată a consumului de energie electrică. Metoda reglajului consumului de energie electrică permite utilizarea rațională a surselor și consumatorilor de energie electrică.

La proiectarea fabricii de ciment, la care se prevede aplicarea metodei reglajului consumului de energie electrică, se vor lua în considerare principiile următoare:

1. Pentru fabricile noi, în perioada de vîrf a sistemului se va prevedea oprirea totală a secțiilor de măcinare și a instalațiilor auxiliare, adică reducerea maximă posibilă a puterii absorbite de fabrică.

2. În ipoteza opririi totale a secției de măcinare se va determina timpul optim de oprire prin considerarea cîtorva durate medii de oprire și prin examinarea eficienței economice obținute. La alegerea duratelor de oprire se va ține seamă de forma curbei zilnice de sarcină a sistemului, respectiv de durata zilnică medie pe an a vîrfului de sarcină; durata medie minimă de oprire se va lua egală cu media anuală a duratei zilnice a vîrfului.

3. La extinderea fabricilor existente pentru determinarea soluțiilor optime de amplificare, se vor examina cîteva variante ale gradului de reducere a puterilor absorbite la vîrf (peste 50% din puterea absorbită), precum și mai multe variante ale timpului de oprire a morilor.

Se preferă, cu considerarea condițiilor locale, reducerile mai mari ale puterilor absorbite care creează disponibilități de putere pentru acoperirea altor cerințe și cu o eficiență economică mai mare în sectorul cimentului.

4. Soluțiile optime de dezvoltare a secțiilor de măcinare trebuie să asigure reduceri maxime ale prețului de cost al cimentului și durate minime de recuperare a investițiilor din economii.

5. Rezervele minimale normale de capacitate nu pot fi utilizate decît accidental la reglarea consumului; se utilizează sistematic rezervele suplimentare de capacitate realizate în timp prin îmbunătățirea întreținerii instalațiilor, respectarea prescripțiilor tehnologice de funcționare a morilor și organizarea muncii în secțiile de măcinare.

6. Pentru justificarea investițiilor în instalațiile suplimentare din fabrici se compară cheltuielile de investiții și anuale suplimentare din fabrică cu cheltuielile de investiții și anuale suplimentare în centrale, rețele și deschideri de mine pentru puterile respective de echivalare, corespunzătoare reducerilor puterilor absorbite considerate.

Stadiul actual al dezvoltării în R.P.R. a cazanelor industriale pentru arderea combustibililor inferiori și a unor deșeuri industriale

N. Pănoiu, G. Singer, I. Carabogdan,
C. Crăciuneanu și M. Schwartz *

Politica de industrializare rapidă a R.P.R. în perioada postbelică a construcției socialiste a impus solicitarea intensă a tuturor resurselor energetice ale țării. Ritmul accelerat al industrializării a impus un ritm corespunzător dezvoltării instalațiilor energetice, care trebuiau dezvoltate cu prioritate. S-au dezvoltat în această ramură atît instalațiile de interes republican pentru producerea energiei electrice sau a energiei electrice și căldurii, cît și instalațiile de interes industrial de același profil.

Puterea instalată a crescut de la 501 MW în 1938 la 2 288 MW la sfîrșitul anului 1962 și se prevede ca în 1965 să crească la 4 176 MW. Energia electrică produsă în 1938 a fost de 1,13 miliarde kWh, în 1962 de 11 miliarde kWh, iar la sfîrșitul anului 1965 va ajunge la 18,5 miliarde kWh. Din sporul de putere ce se va realiza în perioada 1960—1965, de 2 300 MW, avînd în vedere ponderea resurselor energetice primare, circa 80% din putere va fi instalată în centralele termoelectrice folosind gaze naturale de joasă presiune, ligniți și deșeuri de cărbuni superiori. După cum este cunoscut, energetica R.P.R. dispune de o structură polienergetică, avînd la dispoziție rezerve de combustibili clasici și moderni. Astfel, după datele cunoscute în domeniul combustibililor clasici, rezervele existente se repartizează după cum urmează :

ligniți	45%
alți cărbuni	11%
petrol	29%
gaz metan	15%

Cu toată această distribuție a combustibililor în cadrul rezervelor, consumul de combustibil pentru producerea energiei electrice și termice are aproximativ următoarea structură :

cărbuni inferiori	21,4%
cărbuni superiori	1,1%
motorină + păcură	12,1%
gaze naturale	64,4%

(valori realizate în 1961).

Utilajul energetic de putere unitară ridicată și de parametri înalți a fost adus exclusiv din străinătate (în general din U.R.S.S. și R.S.C.) ; utilajul centralelor industriale a fost fabricat în țară. Utilajul energetic fabricat în țară a fost creat în conformitate cu necesitățile de dezvoltare a industriei, pe de o parte, și în conformitate cu un rațional consum al rezervelor de combustibil, pe de altă parte.

Din totalitatea utilajelor energetice construite în R.P.R., lucrarea de față se va referi la cazanele de abur industriale pentru arderea combustibililor inferiori și a unor deșeuri industriale.

După cum s-a arătat, în rezervele de combustibili clasici primul loc îl ocupă ligniții, care sînt considerați combustibili solizi inferiori. Din punct de vedere geologic, acești combustibili, împreună cu cărbunii bruni pămîntoși, provin în general din era terțiar-neozoică, majoritatea din seria pliocen etajul dacian și mai rar în levantin-ponțian. Rocile din culcuș și coperiș sînt în majoritatea cazurilor moi și friabile, umflîndu-se sub influența apei și producînd mari presiuni asupra lucrărilor de extracție. În majoritatea cazurilor, prezența borchișurilor implică efectuarea unor lucrări speciale pentru asigurarea securității muncii. Condițiile de zăcămînt nu permit exploatarea în carieră decît în două bazine ; majoritatea ligniților se extrag prin lucrări subterane.

Ligniții prezintă un aspect xiloid (lemnos), adesea foarte pronunțat, și o culoare brun deschis-neagră ; expuși timp îndelungat la aer, exfoliază. Carbonificarea inițială a masei lemnoase a avut loc selectiv, în analiza spectrografică putîndu-se observa componenți vitritici în fragmentul de origine xilitică, care dau structuri cu aspect ornamental caracteristic și care relevă conservarea structurii botanice. Conținutul de acizi humici extras din ligniți în soluție de NaOH 1% este în general de 30—35%, cu excepția lignitului de Rovinari, care și prin alte caracteristici tehnice se situează la limita dintre ligniți și cărbuni bruni pămîntoși. Cantitatea de extras în soluție de Na_2CO_3 5% este redusă și variază între 15 și 30% [1], [2], [3].

Una din caracteristicile nedorite ale lignitului este cantitatea exagerată de cenușă (valorile medii fiind de 30 — 40%, raportat la masa uscată). Cenușa lignitului, cu toate că este a unui cărbune brun, conține în general 35—55% SiO_2 și 15—28% Al_2O_3 și puțin CaO, 5—8%. Producția curentă a unor ligniți conține 30 — 40% fracția 0 — 30 mm, care, din cauza friabilității ridicate a sterilului, atinge un conținut de cenușă de 30—50% (raportat la masa uscată) și o putere calorifică inferioară de 1 200 — 1 600 kcal/kg.

---

* Ing. N. Pănoiu, ing. G. Singer, ing. I. Carabogdan și ing. C. Crăciuneanu sînt cercetători principali la Institutul de energetică al Academiei R.P.R.; ing. M. Schwartz este șeful atelierului de proiectare din uzinele „Vulcan".

În tabela 1 se prezintă caracteristicile energetice de bază ale unor ligniți din R.P.R. comparativ cu ale celorlalți cărbuni inferiori [4].

Tabela 1

Caracteristicile energetice de bază ale unor ligniți din R.P.R. comparativ cu ale celorlalți cărbuni inferiori

Bazinul și mina	Granulație, mm	Caracteristici tehnice					Caracteristicile cenușii				
		umiditate totală, %	cenușă, g/10³ kcal	materii volatile la masa uscată, %	putere calorică inf., kcal/kg	măcinabilitate după VTI	t_1, °C	t_2, °C	t_3, °C	Temperatura zgurei la viscozitatea de 250 P	Temperatura zgurei la viscozitatea de 100 P
Ligniți											
Bazinul Oltenia											
Rovinari carieră	0—80	35,90	205	67,00	1 605	0,71	1 340	1 460	1 480	—	—
	80—350	41,90	77	62,60	2 264	0,67	1 240	1 340	1 360	1 530	1 940
Rovinari subteran I	0—700	40,80	132	69,00	1 812	0,50	1 260	1 460	1 480	—	—
Rovinari subteran II	0—700	39,30	241	63,30	1 311	0,67	1 255	1 515	1 530	—	—
Bazinul Ardeal											
Voivozi	0—30	24,30	144	61,84	2 674	0,81	1 220	1 340	1 360	—	
Voivozi	30—350	29,60	85	61,60	2 538	0,60	1 220	1 325	1 345	1 390	1 580
Ipu	0—30	26,95	141	59,50	2 415	0,74	1 185	1 320	1 330	1 600	
Ipu	30—350	31,95	71	55,00	2 362	0,47	1 175	1 265	1 305		
Bratca — Valea Neagră	0—30	28,20	107	52,20	3 061	0,57	1 200	1 310	1 370		
Bratca — Valea Neagră	30—350	33,90	66,3	54,75	2 734	0,66	1 200	1 320	1 342	1 550	1 625
Sărmăşeg	0—30	38,00	100	52,00	1 747	0,61	1 240	1 300	1 335		
Sărmășag	30—350	33,70	72,5	54,20	2 095	0,50	1 228	1 280	1 295	1 490	1 542
Cărbuni bruni pămîntoşi											
Căpeni	0—30	50,30	92	68,69	1 996	0,67	1 205	1 240	1 255		
Căpeni	30—350	50,62	72	68,02	1 994	0,60	1 200	1 240	1 255	1 390	1 393
Cărbuni bruni mați											
Șorecani	0—16	10,75	81,6	52,20	3 537	1,08	1 220	1 370	1 400		
Șorecani	16—350	9,75	85	51,20	3 584	1,01	1 200	1 380	1 405		
Mixte											
Mixte huilă flacără lungă Petrila	0—10	16,94	113	53,30	3 118	1,06	1 280	1 390	1 495		
Mixte huilă gaz Lupeni	0—80	18,10	127,5	50,90	2 982	1,17	1 245	1 360	1 385		
Mixte huilă de cocs Anina	0—10	9,08	297	43,00	1 936	1,10	1 550	1 460	1 655		

Analiza valorilor prezentate scoate în relief conținutul moderat de umiditate, cuprins între 30 și 40%, conținutul variat de cenușă, 70—240 g/10³ kcal, și puteri calorifice scăzute, în general sub 2000 kcal/kg. Este de remarcat, de asemenea, o temperatură relativ scăzută a punctelor de înmuiere, topire și curgere a cenușii (t_1, t_2, t_3, determinate prin metoda Leitz), care îngreuiază procesul de ardere cu evacuare solidă a zgurei. În cazul arderii ligniților în stare pulverizată există dificultăți în privința asigurării unei fineți mărite a prafului, din cauza coeficientului de măcinabilitate redus ($m_{VTI} = 0{,}5 - 0{,}7$). Dacă se are în vedere că lignitul este un cărbune cu conținut ridicat de materii volatile și că în procesul de măcinare apare o concentrare a acestui combustibil ($R_{90} = 60 - 75\%$), fără ca aceasta să aibă ca urmare o scădere a stabilității flăcării sau o creștere sensibilă a pierderilor prin ardere mecanic incompletă.

Este de presupus că folosirea acestor combustibili la instalații cu ardere intensificată cu evacuarea zgurei în stare lichidă va prezenta oarecare dificultăți.

Cazane pentru arderea ligniților în strat

Pentru arderea ligniților în strat s-a mers pe ideea folosirii cazanelor cu grătar pentru debite de abur de pînă la 10 t/h. În vederea găsirii unui grătar adecvat arderii acestor combustibili s-au cercetat succesiv: grătarul fix plan, grătarul catenar, grătarul înclinat cu împingere superioară, grătarul Jungk și grătarul cu împingere răsturnată.

Indicii principali ai instalațiilor cercetate sînt prezentați comparativ în tabela 2 [5] [6].

Pe baza rezultatelor obținute s-a trasat, în figura 1, variația randamentului arderii funcție de conținutul de cenușă al combustibilului pentru încărcarea maximă a instalației.

În figura 2 se arată variația încărcării termice reale a diverselor tipuri de grătare experimentate funcție de conținutul de cenușă al combustibilului.

Tabela 2

Indicii principali ai instalațiilor de ardere pe grătare a ligniților din R.P.R.

Parametrii	Notații	U.M.	Grătar trepte* experim. (fără cazan)	Grătar lanț cazan 4 t/h	Grătar împingere sup.* cazan 6,5 t/h	Grătar Jungk cazan 20 t/h	Grătar cu împingere răsturnată cazan 10 t/h
Cărbuni Filipeștii de Pădure							
Umiditate raportată	W^{rap}	g/10³ kcal	59	132,0	145	147	164
Cenușă raportată	a^{rap}	g/10³ kcal	98	99	119	165	232
Putere calorifică inf.	Q_i^i	kcal/kg	3 025	2355	2 230	2 010	1 663
Exces aer focar	α_F	—	4,13		4,80	2,12	1,36
Pierderi prin ardere mecanic incompletă	q_4	%	17,66	Arderea stabilă nu poate fi menținută	1,46	36,44	21,07
Randamentul arderii		%	80,95		98,54	63,56	
Incărcare grătar	B/F	kg/m²	107,8		139	278	573
Incărcare termică grătar	BQ_i^i/F	kcal/m²h	326		312	355	953
Incărcare termică focar	BQ_i^i/V_F	kcal/m³h	125,5		86,5	110	278
Cifră vaporizare (pe suprafață grătar)	d	t/m²	—		0,275	0,45	0,94
Cărbuni Rovinari							
Umiditate raportată	W^{rap}	g/10³kcal	147			113	242
Cenușă raportată	a^{rap}	g/10³kcal	90			170	127
Putere calorifică inf.	Q_i^i	kcal/kg	2 241			2 220	1 755
Exces aer focar	α_F	—	3,14	Arderea stabilă nu poate fi menținută		2,30	1,20
Pierderi prin ardere mecanic incompletă	q_4	%	10,80			24,28	11,84
Randamentul arderii		%	87,37			75,72	85,14
Incărcare grătar	B/F	kg/m²	127			198	528
Incărcare termică grătar	BQ_i^iF	kcal/m²h	285			334	925
Incărcare termică focar	$BQ_i^iV_F$	kcal/m³h	109,5			105	270
Cifră vaporizare (pe suprafață grătar)	d	t/m²h	—			0,39	0,96

* Pentru menținerea arderii este necesară intervenția normală.

Din analiza valorilor prezentate în tabela 2 și figurile 1 și 2 se observă că cele mai bune rezultate le-au realizat grătarul Jungk și grătarul cu împingere răsturnată; de altfel, acestea sînt singurele grătare care au asigurat stabilitatea arderii ligniților pe grătar (fără vreo intervenție manuală). După părerea autorilor, elementul de bază care asigură stabilitatea arderii pe grătar a ligniților cu conținut ridicat de cenușă este gradul de răscolire a stratului. Grătarul Jungk, cu un grad de răscolire a stratului mai redus, a realizat performanțe mai slabe decît grătarul cu împingere răsturnată. Grătarul Jungk realizează pe ligniți încărcări termice ale grătarului de $340-350\cdot10^3$kcal/m²h, față de $900-1000\cdot10^3$kcal/m²h cît realizează grătarul cu împingere răsturnată. Cifra de vaporizare maximă a grătarului Jungk este de 0,39—0,45 t/m²h, față de cea a grătarului cu împingere răsturnată, de 0,91—0,96 t/m²h. O caracteristică a grătarului Jungk este sensibilitatea deosebită la calitatea combustibilului și în special la creșterea conținutului de cenușă. În acest sens se prezintă în figura 3 variația debitului maxim raportat $\left(\frac{D_{max}}{D_n}\right)$ funcție de conținutul de cenușă pentru cazanul de 20 t/h cu grătar Jungk și pentru cazanul de 10 t/h cu grătar cu împingere răsturnată.

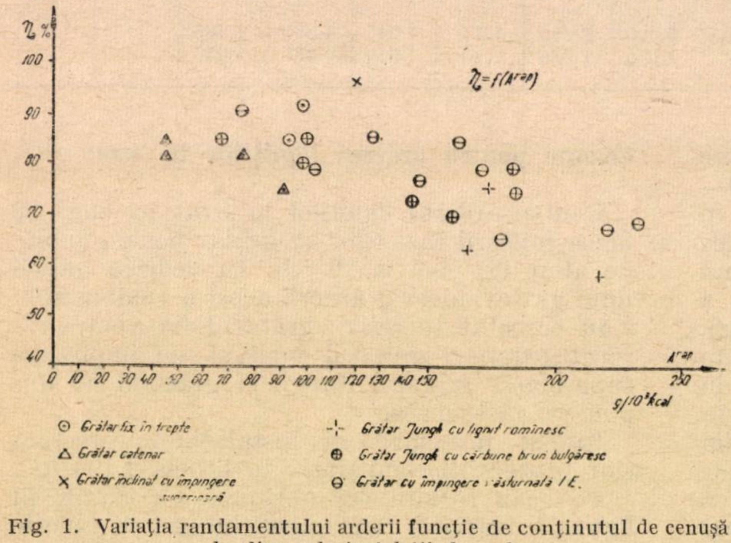


Fig. 1. Variația randamentului arderii funcție de conținutul de cenușă la diversele instalații de ardere.

Diagrama din figura 3 ilustrează imposibilitatea aplicării grătarului Jungk pentru ligniți cu conținut de cenușă de peste 150 g/10³ kcal față de grătarul cu împingere răsturnată, care funcționează stabil cu un lignit cu un conținut de cenușă de pînă la 300 g/10³ kcal.

În figura 4 se arată comparativ variația randamentului cazanului de 20 t/h cu grătar Jungk

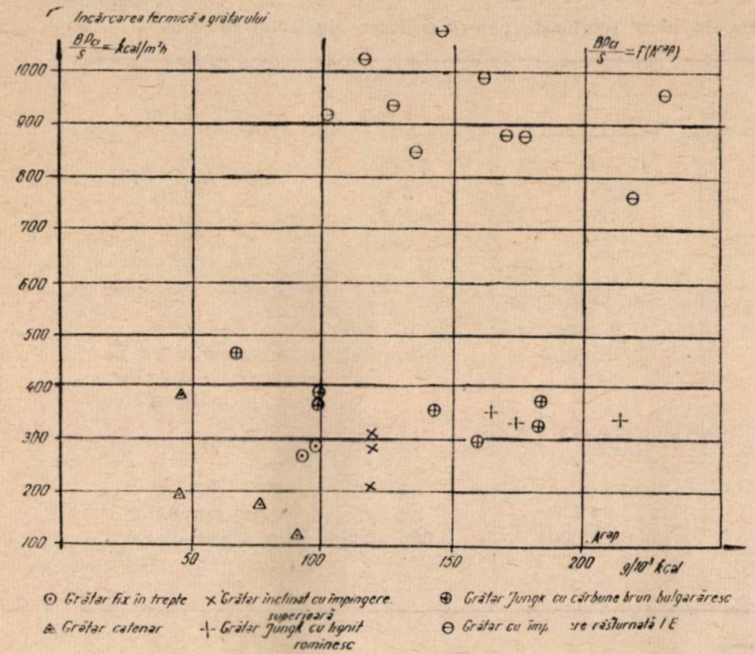


Fig. 2. Variația încărcării termice reale a suprafeței grătarului funcție de conținutul de cenușă al combustibilului.

și a cazanului de 10 t/h cu grătar cu împingere răsturnată, care pune de asemenea în evidență influența conținutului de cenușă asupra performanțelor celor două grătare.

Față de aceste rezultate, în R.P.R. s-a adoptat pentru cazanele de abur de debite sub 10 t/h grătarul cu împingere răsturnată cu bare cu cursă variabilă (0—240 mm).

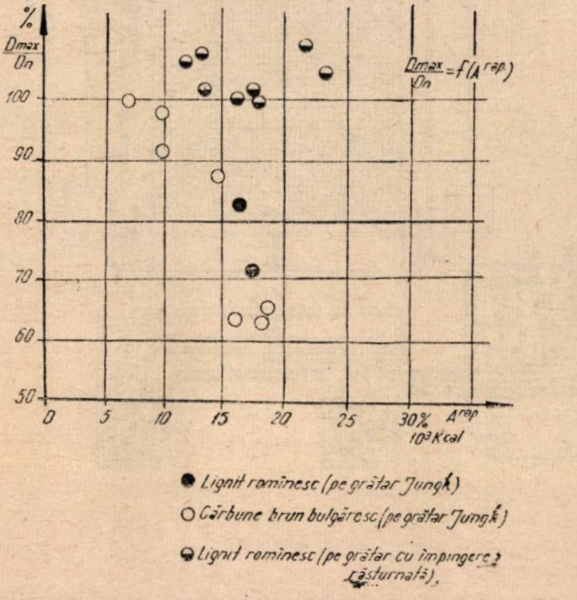


Fig. 3. Variația debitul raportat, $\frac{D_{max}}{D_n}$, pentru cazanul de 20 t/h cu grătar Jungk și pentru cazanul de 10 t/h cu grătar cu împingere răsturnată funcție de variația conținutului de cenușă al lignitilor.

Caracteristicile principale ale cazanelor de abur cu arderea lignitului în strat echipate cu grătar cu împingere răsturnată sînt prezentate în tabela 3.

Tipul comun de grătar aplicat cazanelor menționate este prezentat în figura 5.

În vederea simplificării fabricației acestor cazane s-au păstrat comune la toate grătarele următoarele elemente: barele de grătar simple și cu cocoașă, barele de pe rîndurile fixe, grinzile de fixare a barelor, plăcile laterale, tamburul limitator de strat cu toate elementele sale, înclinarea și poziția bolții posterioare. Cazanele de 6,5 t/h și 10 t/h au comune și acționarea hidraulică cu elementele ei și parțial sistemul de alimentare cu combustibil. Cazanul de 2 t/h are acționare mecanică printr-un reductor și motor de curent continuu.

Cazanele pentru arderea ligniților în stare pulverizată

În domeniul construcției cazanelor de abur pentru arderea ligniților în stare pulverizată s-a pornit de la ideea folosirii focarului-cameră clasic. Atenție deosebită a trebuit acordată în special schemei de pregătire a prafului. Pornindu-se de la faptul că în condițiile de zăcămînt ale ligniților romî-

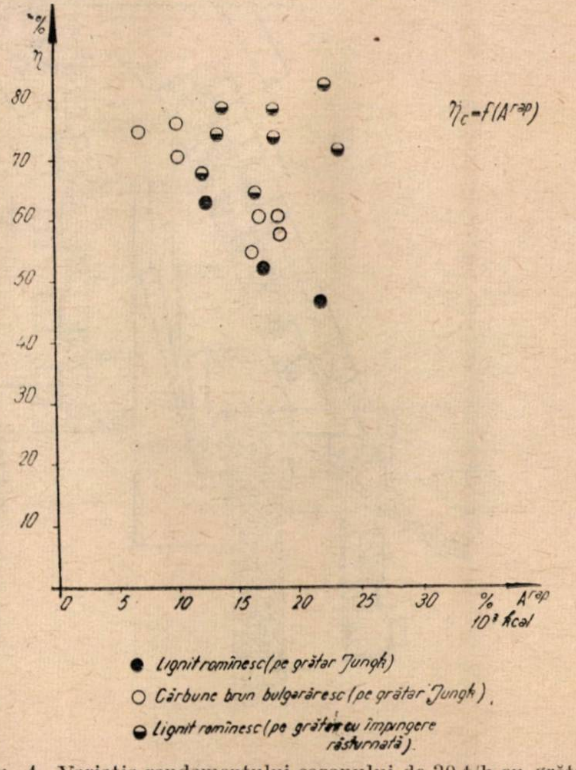


Fig. 4. Variația randamentului cazanului de 20 t/h cu grătar Jungk și a cazanului de 10 t/h cu grătar cu împingere răsturnată funcție de cennșa lignitului.

nești cenușa este mult mai friabilă decît cărbunele și în procesul de măcinare ea se aglomerează în fracțiunile mărunte ale prafului, știut fiind de asemenea că acești combustibili au un conținut ridicat de materii volatile, care permit o măcinare grosieră fără înrăutățirea stabilității procesului de ardere sau creșterea exagerată a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă, s-au avut în vedere schemele de pregătire a prafului cu mori cu ciocane cu separator centrifugal, cu mori cu ciocane cu puț și ambrazură și cu mori-ventilator [7] [8] [9].

Tabela 3

Caracteristicile principale ale cazanelor de abur românești pentru arderea lignitului în strat

Caracteristica	U.M.	Cazan cu debitul de		
		10 t/h	6,5 t/h	2 t/h
Presiunea aburului	ata	17	17	9
Temperatura aburului	°C	350	350	saturat
Inclinarea bolții posterioare	°∢	35	33	31
Umbrirea bolții posterioare	%	51	42,5	49
Inclinarea grătarului		22	20	18
Suprafața grătarului	m²	11,10	7	3
Lungimea grătarului	m	3,7	3,5	3
Cursa barelor	mm	0–240	0–240	240
Acționarea grătarului		hidraulică	hidraulică	mecanică cu variație de viteză pe motorul electric
Randamentul cazanului	%	72±3	73±3	71± 3
Combustibilul recomandat :				
Umiditatea totală	%	35–45	35–45	35–45
Cenușă (la masa uscată)	%	30–45	30–45	30–45
Putere calorifică inferioară	kcal/kg	1 650–2 200	1 650–2 200	1 650–2 200

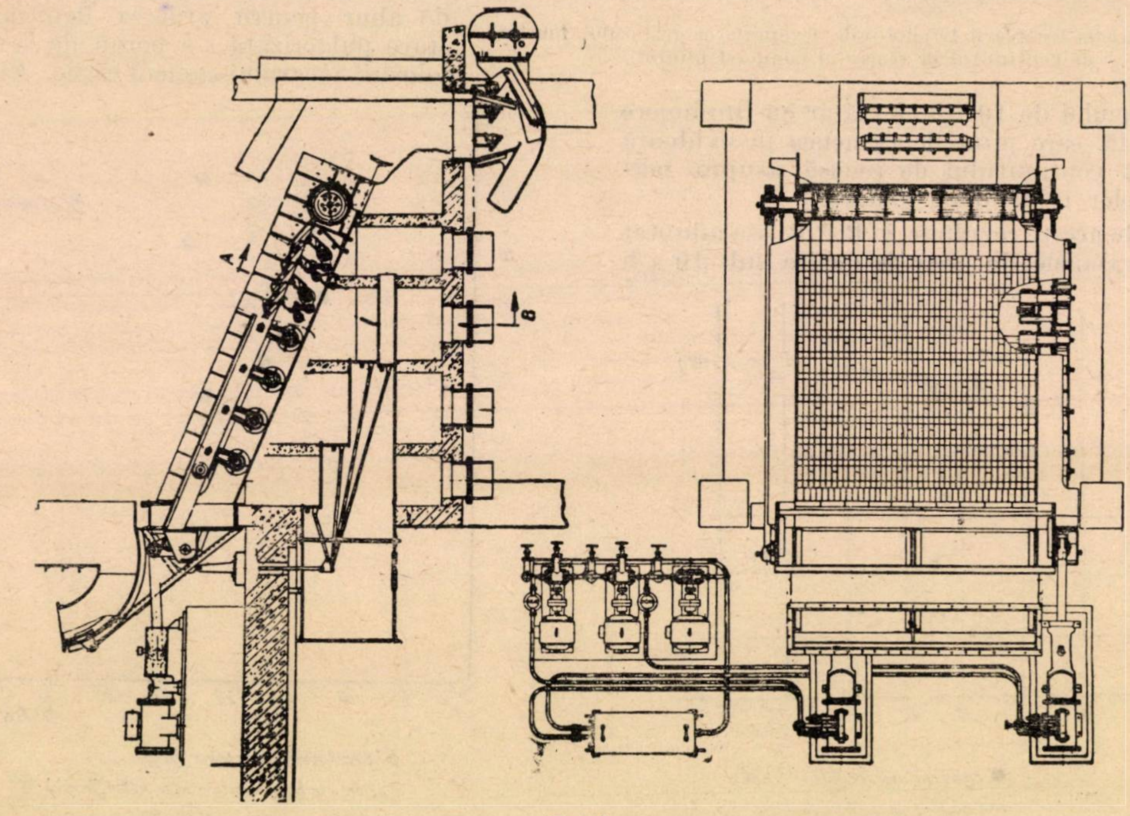


Fig. 5.

Indicii caracteristici realizați de schemele de pregătire a prafului, echipate cu tipurile de mori menționate, sînt prezentați în tabela 4.

A fost urmărit, în special, consumul specific de energie electrică necesară măcinării și variația sa funcție de încărcarea morilor. În figura 6 se prezintă variația consumului specific realizat de diversele mori funcție de încărcarea morii la măcinarea diverșilor ligniți.

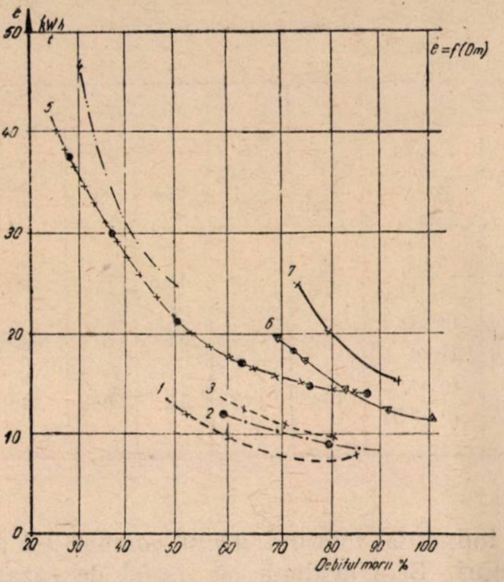


Fig. 6. Variația consumului specific de energie electrică funcție de încărcarea morilor și de natura combustibilului: *1*—moara-ventilator, lignit Schitu-Golești (R_{90}=79,8%); *2*—moara-ventilator, lignit Rovinari (R_{90}=85,5%); *3*—moara-ventilator, lignit Filipeștii de Pădure (R_{90}=68,9); *4*—mori cu ciocane cu puț și ambrazură (ciocane după 200 ore de funcționare), lignit Schitu-Golești (R_{90}=87,5%); *5*—mori cu ciocane cu puț și ambrazură (ciocane noi), lignit Schitu—Golești (R_{90}=75,61%); *6*—mori cu ciocane cu separator centrifugal, lignit măcinare grosieră (R_{90}=61,4%); *7*—mori cu ciocane cu separator centrifugal, lignit măcinare fină (R_{90}=52%).

Ca urmare a acestor rezultate, în R.P.R. s-a adoptat ca schemă de pregătire a prafului schema cu mori-ventilator.

În figura 7 se prezintă moara-ventilator a cazanului experimental de 20 t/h, pe care s-au efectuat cercetările.

Este interesant de subliniat faptul că în R.P.R. acest tip de moară a fost cuplat cu arzătorul turbionar prezentat în figura 8, care a dat rezultate foarte bune în exploatare, asigurînd stabilitatea mărită a arderii la sarcini parțiale și o evitare completă a zgurificării arzătorului și ecranelor focarului.

Pentru acoperirea nevoilor de abur tehnologic s-au construit în R.P.R. cazanele de 20 t/h cu mori-ventilator pentru întreprinderile mai mari. În tabela 5 sînt date caracteristicile principale ale cazanelor de abur pentru arderea ligniților romînești sub formă de praf.

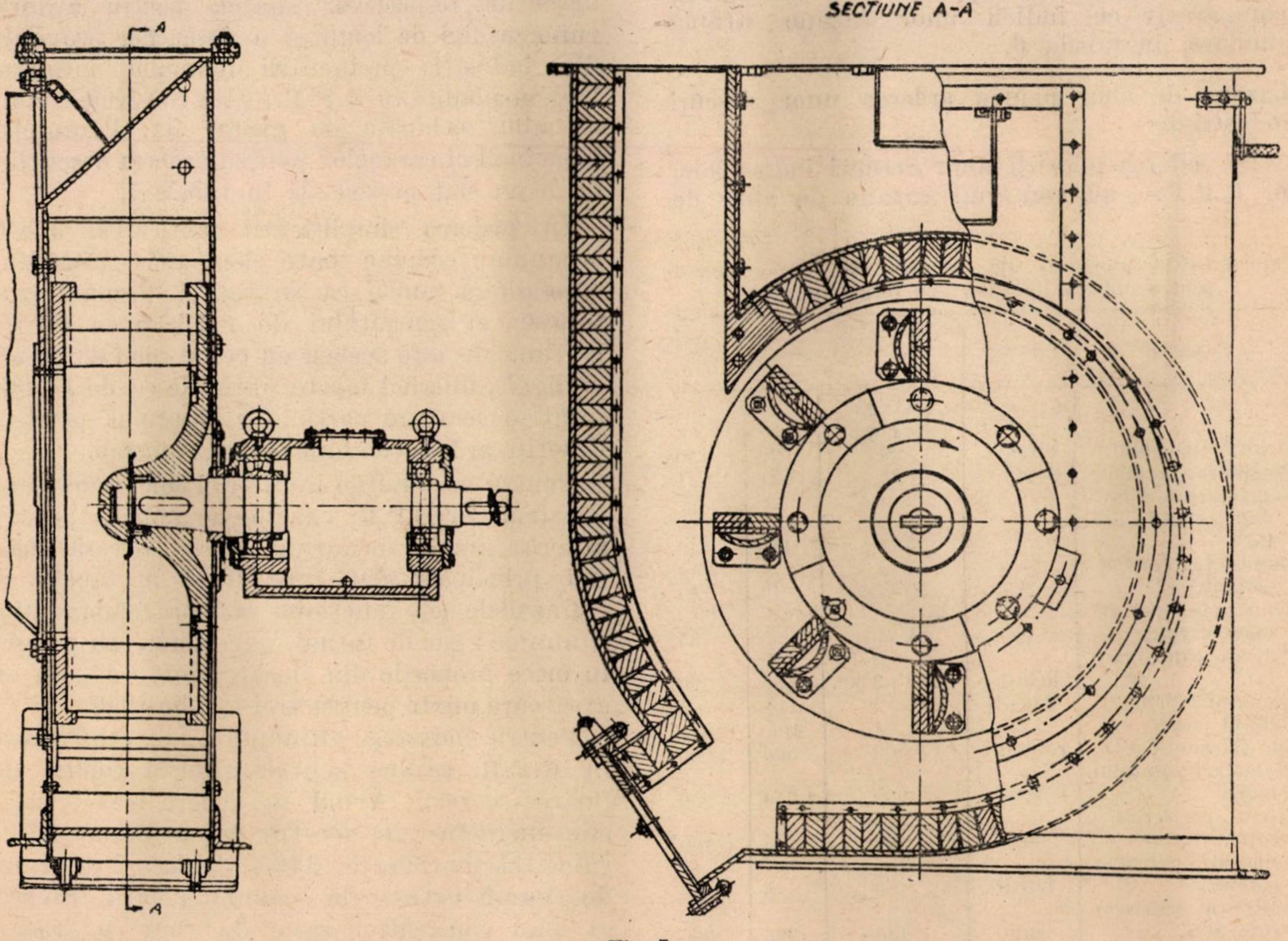


Fig. 7.

Tabela 4

Indicii realizați de schemele de pregătire a prafului la măcinarea ligniților din R.P.R.

Mori cu ciocane cu puț și ambrazură, uscarea cu aer (fracția reprezintă indici realizați cu $\frac{\text{ciocane noi}}{\text{ciocane după 200 ore de funcționare}}$)					Mori cu ciocane cu separator și arzător import R.S.C. (uscarea cu aer) (fracția reprezintă indicii realizați cu $\frac{\text{mori originale}}{\text{mori cu viteza aerului mărită}}$)					Mori-ventilator (cu prelevare gaze din focar)				
Debitul morii D_n, %	Consum specific de energie, kWh/t	Granulația prafului		Umiditatea, % a cărbunelui/a prafului	Debitul morii D_n, %	Consum specific de energie, kWh/t	Granulația prafului		Umiditatea, % a cărbunelui/a prafului	Debitul morii D_n, %	Consum specific de energie, kWh/t	Granulația prafului		Umiditatea % $\frac{\text{a cărbunelui}}{\text{a prafului}}$
		R_{200}	R_{90}				R_{200}	R_{90}				R_{200}	R_{90}	
30	37,1	16,85	57,92	29,15/15,93	73	24	7,71	43,15	48,01/ —	60	11,0	48,4	77	30,6/10,81
25	45,4	27,48	71,80	29,15/ 8,72	90	18,1	11,4	45,80	48,01/ —					
75	13,7	26,97	65,96	29,82/16,44	80	20,2	10,50	49,40	44,64/ —	75	9,33	58	76	33,54/15,22
32	39,9	—	—	29,82/—	103	18,45	12,80	46,70	44,64/ —					
100	12,9	43,03	75,61	27,24/15,21	94	18,1	10,56	52,0	49,07/ —	100	9,75	54	79,8	34,03/19,93
60	22,9	51,84	87,05	27,24/10,38	125	11,8	22,30	61,35	49,07/21					

Pentru a avea o vedere de ansamblu asupra tuturor cazanelor pe combustibili solizi, indicii principali de calcul ai cazanelor romînești de abur pentru arderea lignitului sînt prezentați, comparativ cu indicii unor cazane străine similare, în tabela 6.

Cazane de abur pentru arderea unor deșeuri industriale

În vederea folosirii unor deșeuri industriale, în R.P.R. s-au construit cazane de abur de tip industrial folosind drept combustibil aceste deșeuri. Este evident că astfel de cazane se montează numai la industriile de unde provin deșeurile respective. Astfel, pentru arderea rumegușului de lemn și a deșeurilor provenite din industria prelucrării lemnului, industrie larg răspîndită în R.P.R., s-au construit cazane de abur echipate cu grătar fix. Parametrii principali ai cazanelor pentru arderea deșeurilor de lemn sînt prezentați în tabela 7.

Tabela 5

Caracteristicile principale ale cazanelor de abur romînești pentru arderea ligniților sub formă de praf

Parametrii	U.M.	Valori		
		Inst. exp.r.m.		
Debitul cazanului	t/h	20	20	50
Presiunea aburului	ata	21	41	41
Temperatura abur după supraîncălzitor	°C	450	450	450
Umiditatea combustibilului	%	20—38	43	43
Cenușa combust. (la masa uscată)	%	21—52	35	35
Puterea calorifică inf.	kcal/kg	1 700—3 000	1 750	1 750
Numărul morilor	bucăți	2	2	2
Debitul morii	t/h	4	4/6	12/15
Turația nominală	rot/min	1 500	1 500	1 000
Diametrul rotorului morii	mm	900	1 250	1 950
Viteza periferică rotor	m/s	69	96	100
Numărul paletelor rotorului	bucăți	8	8	10
Inălțimea paletelor rotorului	mm	150	225	350
Lățimea paletelor rotorului	mm	275	300	400
Numărul arzătoarelor cazanului	buc	2	2	4

În vederea simplificării fabricației, aceste cazane au comune toate elementele grătarului, care diferă numai ca suprafață. Cazanul propriu-zis al agregatului de 7 t/h și de 14 t/h pe rumeguș este același cu cel al celui de 10 t/h pe lignit, diferind foarte puțin de cel de 14 t/h, printr-o ecranare parțială a focarului, posibilă datorită arderii combinate cu gaz metan.

Pentru necesitățile industriei siderurgice s-au construit în R.P.R. cazane de radiație pentru arderea gazului de furnal, ale căror caracteristici principale sînt prezentate în tabela 8.

Cazanele pot funcționa cu trei combustibili, și anume : gaz de furnal, gaz metan sau păcură în orice proporție din fiecare, fiind echipate cu arzătoare mixte pentru trei combustibili.

Pentru industria alimentară, se construiesc în R.P.R. cazane pentru arderea cojilor de floarea-soarelui. Avînd în vedere caracteristicile energetice ale acestui deșeu (putere calorifică relativ ridicată, 3465 kcal/kg, și conținut de cenușă extrem de scăzut), pentru arderea sa s-au construit cazane de abur cu grătar cu scuturare și cu ardere în suspensie. Caracteristicile principale ale cazanelor de abur construite pentru arderea cojilor de floarea-soarelui sînt prezentate în tabela 9.

În urma asigurării cu energie electrică și căldură a obiectivelor industriale, în viitor se vor dezvolta și alte tipuri de cazane, care să permită folosirea în condiții tehnice și economice avantajoase atît a combustibililor solizi inferiori cît și a deșeurilor industriale, dezvoltarea acestora făcîndu-se în paralel cu dezvoltarea cazanelor pentru combustibili superiori și în concordanță cu cerințele balanței de combustibili a țării. În această direcție, cercetările ce se efectuează în R.P.R. au în vedere cazanele cu ardere intensificată.

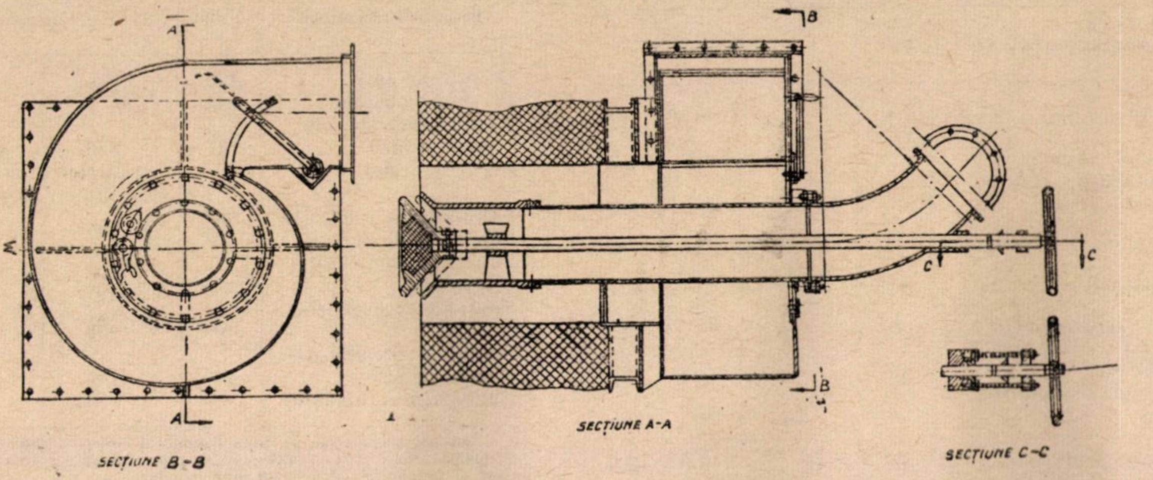


Fig. 8.

Tabela 6

Indicii principali ai cazanelor de abur pe lignit construite sau în curs de construcție în R.P.R. comparativ cu indicii cazanelor străine similare

Indice comparat	U.M.	Cazane romînești					Cazane străine	
		cazane cu grătar cu împingere răsturnată cu debitul de:			cazane cu cărbune pulverizat cu mori ventilator cu debitul de :		Cazane cu cărbune pulverizat cu debitul de	
		2 t/h	6,5 t/h	10 t/h	20 t/h*	50 t/h*	35 t/h	50 t/h
Debit nominal	t/h	2	6,5	10	20	50	35	50
Presiune abur	ata	9	17	17	41	41	40	40
Temp. ab. supraîncălzit	°C	saturat	350	350	450	450	450	450
Combustibil	—	lignit	lignit	lignit	lignit	lignit	turbă	turbă, huilă
Umiditatea raportată maximă	$\frac{\%}{10^3\,\text{kcal}}$	246	246	246	246	246	—	—
Cenușa raportată maximă	$\frac{\%}{10^3\,\text{kcal}}$	240	240	240	120	120	—	—
Putere calorifică inf.	kcal/kg	1 560—2 200	1 650—2 200	1 650—2 200	1 750	1 750	—	—
Volum focar	m³	4,9	16,5	38	147	350	261	310
Suprafață radiație	m²	1,89	13,4	—	151	295	198	250
Suprafață convecție	m²	56	100	304	16	205	42	23,9
Suprafață supraîncălzitor	m²	—	62,5	120	175	635	229	160
Suprafață economizor	m²	18,60	173,5	105	240	526	430	650—2 255
Suprafață preîncălzitor aer	m²	—	—	—	1 470	3 950	2 400	2 965
Temp. apă alimentare	°C	50	100	100	100	150	150	150
Temp. gaze coș	°C	190	170	180	175	150	171	130—170
Randament brut	%	71	73	72	80,5	82,0	85	—
Metal sub presiune	$\frac{\text{kg}}{\text{kg abur}}$	3,30	3,63	3,75	2,1	1,9	—	—
Metal total	$\frac{\text{kg}}{\text{kg abur}}$	7,31	6,9	6	6,1	6,2	4,6	5,06
Inălțime	m	7,88	12,4	14,44	19,90	24,30	19,31	21,00
Suprafața ocupată	m²	11,74	23,7	46,20	35,6	61,90	55	66
Volum ocupat	m³	92,51	295	667	708	1 505	1 062	1 386

* Proiect pentru funcționare și în centrală semideschisă.

Tabela 7

Parametrii principali ai cazanelor echipate cu grătar fix pentru arderea rumegușului și deșeurilor de lemn

Denumirea parametrului	U.M.	Valoarea		
Debitul de abur	t/h	4.5	7	14*
Presiunea aburului	ata	17	17	17
Temperatura aburului supraîncălzit	°C	300	350	350
Randamentul cazanului	%	69–74**	75	76
Suprafața de convecție	m²	236	304	304
Suprafața de radiație	m²		—	55
Suprafața supraîncălzitorului	m²		120	120
Suprafața economizorului	m²	50	105	105
Suprafața grătarului	m²	11	13,5	13,5

* Cazanul funcționează cu amestec de rumeguș și gaz metan.

** Prima valoare pentru tiraj natural, a doua pentru tiraj artificial.

Tabela 8

Caracteristicile principale ale cazanelor de abur pentru arderea gazului de furnal

Denumirea parametrului	U. M.	Valoarea	
Debitul de abur	t/h	20	50
Presiunea aburului	ata	41	41
Temperatura aburului supraîncălzit	°C	450	450
Suprafața de convecție	m²	120	470
Suprafața de radiație	m²	160	284
Suprafața supraîncălzitorului	m²	300	1 000
Suprafața economizorului	m²	180	511
Suprafața preîncălzitorului de aer	m²	500	1 290
Randamentul cazanului	%	80,5	83,4
Numărul arzătoarelor	buc	3	6
Tipul arzătorului	—	mixt	mixt
Consumul de gaz de furnal al arzătorului	Nm³/h	6 300	8 000
Consumul de gaz metan al arzătorului	Nm³/h	630	800
Consumul de păcură al arzătorului	kg/h	550	700

Tabela 9

Caracteristicile principale ale cazanelor de abur pentru arderea cojilor de semințe de floarea-soarelui

Denumirea parametrului	U.M.	Valoarea	
Debitul de abur	t/h	6,5	10*
Presiunea aburului	ata	17	17
Temperatura aburului supraîncălzit	°C	350	350
Tipul focarului		cu grătar cu scuturare	cu ardere în suspensie
Suprafața de convecție	m²	160	61
Suprafața de radiație	m²		104
Suprafața supraîncălzitorului	m²	42,5	87
Suprafața economizorului	m²	236	75
Suprafața preîncălzitorului de aer	m²	186	287
Randamentul cazanului	%	78	82

* Cazanul este prevăzut, pe lîngă sistemul de ardere în suspensie a cojilor de floarea-soarelui, și cu un arzător mixt gaz-metan-păcură, care asigură pornirea și funcționarea pînă la sarcină nominală.

Bibliografie

[1] Blum, I. și Ionescu, C. *Über der Kenzeichnenden und Klassifizierungs elemente der Braunkohlen im allgemeinen und der Rumänischen Lignite im besonderen sowie die Festlegung der Nomenklatör.* Revue d'Electrotechnique et d'Energetique, II, 1957, nr. 1, p. 177–181.

[2] Pănoiu, N., Carabogdan, I., Singer, G., Nistor, I. și Ionescu, C. *Considerations sur la combustion des lignites roumaines.* Raport VI, World Power Conference, Melbourne — 1962.

[3] Pănoiu, N., Carabogdan, I. și Singer, G. *Über die Vermahlung und Staubfeuerung rumänischen Lignits.* IV Polytechnische Tagung Technische Universität Dresden, nov. 1962.

[4] Pănoiu, N., Carabogdan, I. și Singer, G. *Aspecte de folosire în scopuri energetice a ligniților din R.P.R.* Editura Academiei R.P.R. (sub tipar).

[5] Pănoiu, N., Carabogdan, I. și Singer, G. *Considerații privind arderea ligniților din R.P.R. pe grătarul cu împingere răsturnată.* Studii și cercetări de energetică XII (1962), nr. 2, p. 143–160.

[6] Pănoiu, N. și Maghiar, L. *Considerații privind arderea ligniților din R.P.R. pe grătarul Jungk.* Studii și cercetări de energetică XIII (1963), nr. 3 (sub tipar).

[7] Curelaru, Al. *Prepararea și arderea prafului cu granulație mare provenit din măcinarea cărbunilor inferiori din R.P.R.* Energetica VII (1959), nr. 2, p. 65–71.

[8] Pănoiu, N., Carabogdan I. și Cazacu, C. *Aspecte ale măcinării ligniților în mori cu ciocane.* Studii și cercetări de energetică VIII (1958), nr. 2, p. 337–346.

[9] Pănoiu, N., Carabogdan, I. și Singer, G. *Cercetări privind măcinarea lignitului din bazinul Schitu-Golești în schema de prepararea prafului cu mori-ventilator.* Studii și cercetări de energetică XII (1962), nr. 2, p. 221–243.

Probleme energetice ale asigurării debitelor de gaze naturale necesare consumatorilor industriali

V. PIMSNER*

În producția mondială de energie primară, extracția gazelor naturale prezintă procentual o creștere continuă, datorită atît utilizării lor în scopuri energetice, casnice, ca materie primă în industria chimică etc., cît și cheltuielilor de investiții mai reduse. Astfel, consumul de muncă pentru extracția unei tone de gaze naturale este aproximativ de 6 și 12 ori mai mic decît cel necesar extracției unei tone de țiței, respectiv de cărbune, iar investițiile necesare pentru darea în exploatare a unui zăcămînt de gaze naturale sînt incomparabil mai mici decît pentru celelalte surse de energie primară, ceea ce asigură în plus și o rapiditate sporită de dare în exploatare a zăcămintelor.

De aceea, în principalele țări producătoare din Europa, se constată o tendință continuă de a căuta resurse noi de gaze naturale și de a dezvolta masiv pe cele existente, ca și de a transporta gazul pînă la consumatorii cei mai îndepărtați (tabela 1).

Tabela 1

Producția de gaze naturale în principalele țări producătoare din Europa ($(10^6 Nm)^3$). Gaz natural efectiv captat și utilizat ca materie primă sau combustibil

Denumirea țărilor	1938	1948	1950	1955	1958	1959	1960
Austria	...	241	470	748	820	1 128	1 469
R.S. Cehoslovacă	2	...	19	173	1 246	1 482	...
Franța	—	174	246	266	1 054	2 614	4 440
Italia	17	117	510	3 627	5 175	6 118	6 432
R.P. Polonă	530**	157	183	393	384	424	549
R.P. Romînă*	2 063	2 393	3 350	6 307	8 506	9 503	10 330
R.P. Ungară*	8	320	381	545	379	334	340
U.R.S.S.	2 179**	...	5 761	8 981	28 085	35 386	...

* Producția totală (inclusiv gaz pierdut).
** În anul 1937.

Tabela 2

Producția principalelor ramuri ale industriei producătoare de combustibili și energie în R.P.R.

Felul producției	Unități	1938	1948	1950	1954	1956	1958	1960
Cărbune brut	10^3tone	2 826	2 946	3 893	5 555	6 472	7 388	8 163
Țiței	10^3tone	6 594	4 149	5 067	9 741	10 920	11 336	11 500
Gaz metan	10^6Nm^3	301	1 266	1 950	3 629	4 374	5 075	6 519
Gaz de sondă	10^6Nm^3	1 725	1 080	1 293	2 197	2 382	3 238	3 623
Energie hidroelectrică	10^6kWh	148	130	169	236	287	281	397

În Republica Populară Romînă, politica de electrificare și de industrializare rapidă, dezvoltarea industriei chimice și grija pentru îmbunătățirea condițiilor de trai ale oamenilor muncii au dus la mărirea continuă a sarcinilor impuse industriei extractive de gaze (tabela 2), astfel că la finele anului 1965 urmează să fie transportate circa $10{,}3 \times 10^9 Nm^3$ gaze naturale anual, printr-o rețea de conducte de peste 4500 km lungime, la o mare diversitate de consumatori, dintre care industria reprezintă ponderea maximă.

Asigurarea unui asemenea ritm impetuos de dezvoltare necesită un studiu atent al modului de determinare a soluției optime de asigurare a debitului de gaze naturale necesare marilor consumatori industriali, cercetările întreprinse în această direcție în Institutul de energetică al Academiei R.P.R. scoțînd în relief că o posibilitate puțin cunoscută de îmbunătățire a exploatării constă în utilizarea judicioasă a presiunii gazelor din zăcămînt.

Într-adevăr, în exploatare există, de regulă, o diferență de presiune între sonde și conducte, sau între conductele de transport și cele de distribuție. Din energia corespunzătoare acestei diferențe de presiune, prin destindere într-o turbină sau motor cu piston, se poate obține o importantă cantitate de lucru mecanic, care, luată în considerare, poate influența soluția aleasă și conduce la o formă superioară de exploatare a gazelor, putîndu-se obține o exploatare mai rațională a zăcămintelor de gaze naturale, o asigurare mai judicioasă a consumului marilor consumatori industriali, după cum cu același efort de foraj se obține o cantitate sporită de gaze naturale.

---

* Ing. V. Pimsner este șef de laborator la Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

Consumatorii industriali se caracterizează în general printr-un consum important de gaz metan (spre exemplu, un complex chimic, care produce anual 450 000 t îngrășăminte azotoase, consumă aproximativ 175,4 × 10^6Nm^3 de gaz metan), cu fluctuații diurne și anuale relativ reduse. Procesul tehnologic al uzinelor necesită simultan energie electrică, frig la temperaturi scăzute și energie termică (tabela 3), iar gazul metan (cel puțin cel necesar arderii) sosește la presiuni net superioare celui necesar alimentării uzinei respective.

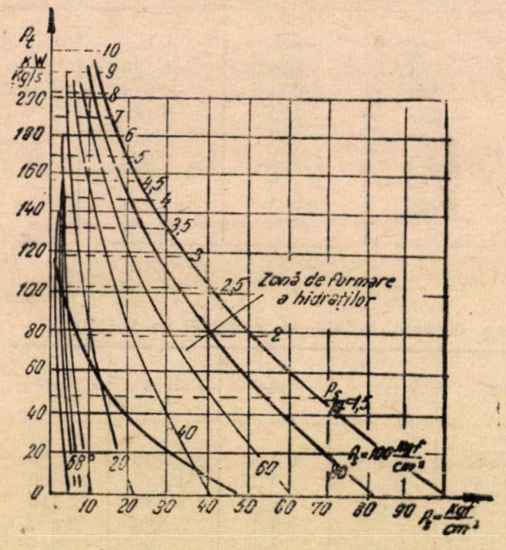


Fig. 1. Puterea turbinei de gaz metan, P_t, obținută prin destinderea unui kilogram de gaz, pînă la diferite presiuni p_i (presiunea superioară p_s și raportul de destindere δ ca parametru).

După cum s-a arătat [1], prin destinderea gazului metan, corespunzător acestei diferențe de presiuni, într-o turbină de trecere se poate obține, la uzinele respective, suficientă energie mecanică și frig, încît să se acopere parțial sau total consumul de energie și de frig necesar procesului tehnologic (tabela 3).

Tabela 3

Cantitățile de energie și frigorii necesare și posibilitățile de a le obține prin utilizarea turbinei de gaz metan în industria de chimizare a gazului metan [1]

Denumirea produsului	Necesar de energie, $\frac{kWh}{Nm^3}$ gaz	Energie produsă de turbină (T = 573°K), $\frac{kWh}{Nm^3}$	Proporția de satisfacere a necesarului de energie, %	Necesar de frigorii, $\frac{kcal}{Nm^3}$ gaz	Frigorii produse de turbină (−8 °C), $\frac{kcal}{Nm^3}$ gaz	Proporția de satisfacere a necesarului de frigorii, %	Temperaturi minime necesare, °C
Negru de fum	0,00115	0,035	3 040	—	30	—	—
Amoniac	1,30	0,035	2,69	163	30	18,40	−15
Metanol	1,36	0,035	2,57	—	30	—	+14
Acid azotic diluat	1,66	0,035	2,10	—	30	—	+22
Acid azotic concentrat	0,40	0,035	8,80	1 380	30	2,18	−12
Acetilenă (arc voltaic)	4,67	0,035	0,75	7	30	430,0	−80
Acid acetic	0,25	0,035	14	1 250	30	2,40	—
Clorură de metil	0,50	0,035	7	53	30	56,70	−50

Puterea disponibilă în acest caz, dată de relația :

$$P = \eta \frac{427 q \Delta i}{75 \times 86400},$$

este proporțională cu debitul de gaze q (Nm^3/zi) și cu diferența de entalpie Δi (kcal/Nm^3), corespunzătoare destinderii de la presiunea din conductă la presiunea din rețeaua de distribuție. Cu mărirea acestui raport de destindere δ, temperatura de ieșire a gazelor din turbină scade. Figura 1 reprezintă puterea obținută de la o turbină de gaz metan, iar figura 2 — valoarea temperaturilor atinse în cazul în care se realizează diferite grade de destindere, în ambele figuri trasîndu-se curba de saturație a

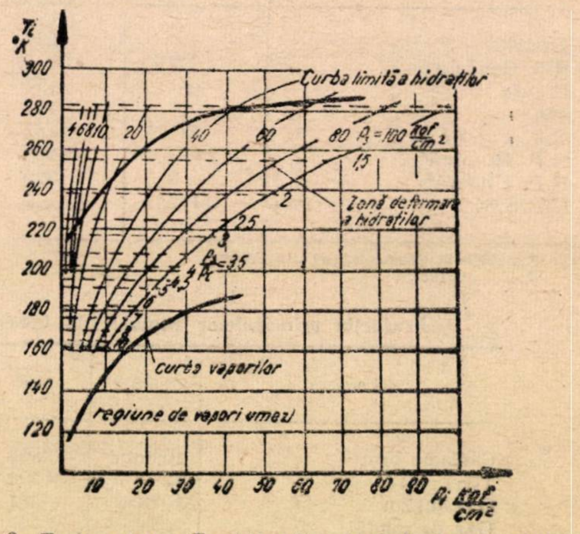


Fig. 2. Temperatura T_i obținută prin destinderea gazului metan pînă la diferite presiuni, p_i (parametrii — presiunea superioară p_s și raportul de destindere δ).

vaporilor și curba-limită de formare a hidraților de metan [2]. Rezultă că, fără a pătrunde în zonele relativ periculoase menționate, se poate obține o cantitate de frigorii suficient de mare, la temperaturi destul de scăzute (fig. 3), pentru a prezenta interes pentru anumite procese tehnologice.

Puterea produsă de turbină, pentru debitele curente ale consumatorilor industriali, reprezintă valori cuprinse între 3 și 6 MW (fig. 4), ceea ce poate deseori acoperi necesarul de energie al uzinei respective.

Evident că prin încălzirea gazului metan se poate mări sensibil puterea produsă de turbină (fig. 5), utilizîndu-se în acest caz căldura deșeu a vreunui proces tehnologic.

Totuși, în afara producerii de lucru mecanic, energie electrică și frig, utilizarea turbinei de trecere conduce la rezolvarea unei probleme deosebit de importante, aceea a asigurării debitelor de gaze naturale necesare consumatorilor industriali. Într-adevăr, pe măsura măririi producției diverselor industrii, plasate de-a lungul sau la capătul unei conducte magistrale de gaze, este necesară mărirea corespunzătoare a debitului de gaze transportat, ceea ce se poate realiza prin mărirea diametrului conductei, prin mărirea presiunii cu care este introdus gazul în conductă, prin comprimarea gazului pe traseul conductei sau prin utilizarea turbinei de gaz metan.

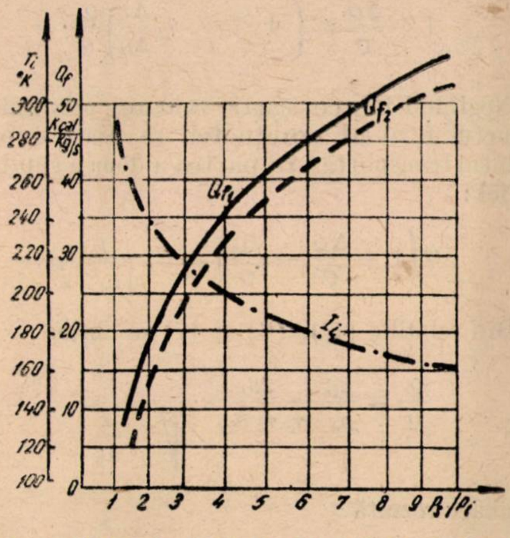


Fig. 3. Cantitatea de frigorii obținută (Q_{f1} pentru $T = 273$°K, Q_{f2} pentru $T = 265$°K ; T — temperatura gazului metan la ieșirea din schimbător) și temperatura T_i de ieșire a gazului din turbină, în funcție de raportul de destindere δ ($q = 1$ kg/s).

În general, traseul unei conducte magistrale este astfel ales încît să se asigure alimentarea cu gaze a mai multor consumatori situați de-a lungul conductei. În acest caz, utilizarea turbinei de trecere este totdeauna posibilă, deoarece presiunea gazelor în lungul conductei de transport este totdeauna mai mare decît presiunea din rețelele de distribuție ale centrelor de consum pe care le alimentează.

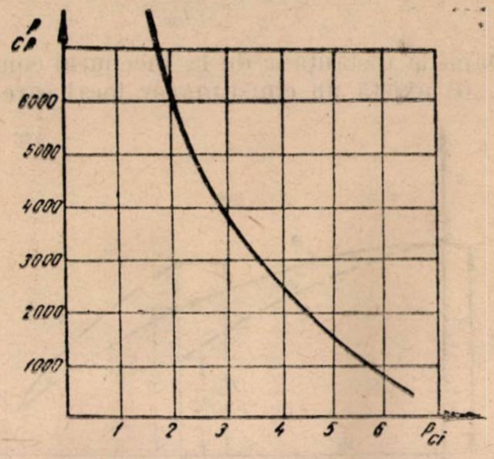


Fig. 4. Puterile obținute prin destinderea gazului metan într-o turbină, pînă la diferite presiuni ($q = 2,6 \times 10^6$kg/zi, $p = 7$ kgf/cm², $\eta = 0,84$).

Să analizăm posibilitatea măririi capacității de transport a conductei prin folosirea energiei obținute de la alimentarea cu gaze a unui consumator pe traseul conductei.

Se presupune că printr-o conductă magistrală de lungime L_0 se transportă la consumatorul situat în punctul final al conductei debitul Q, care, ținînd seamă de lungimea conductei și de faptul că viteza gazului nu depășește valoarea $M = 0,7 \div 0,8$, poate fi exprimat astfel :

$$Q = C_1 \sqrt{\frac{p_0^2 - p_2^2}{L_0}}, \tag{1}$$

în care C_1 este constanta conductei, iar p_0 și p_2 sînt presiunile de la intrarea, respectiv ieșirea, din conductă. Considerînd că presiunea p_2

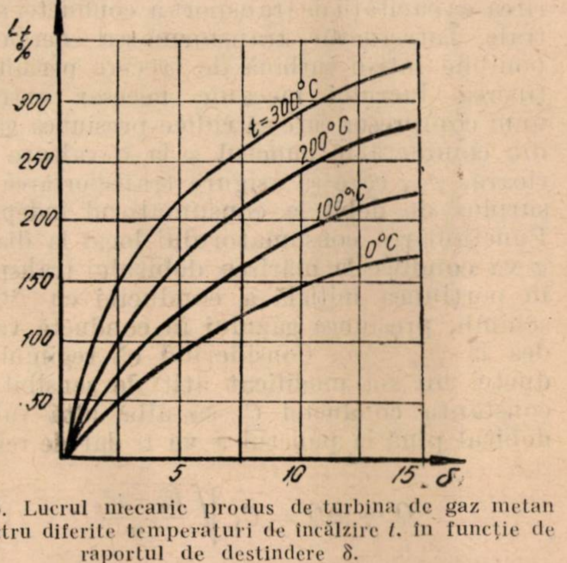


Fig. 5. Lucrul mecanic produs de turbina de gaz metan L_t pentru diferite temperaturi de încălzire t, în funcție de raportul de destindere δ.

este suficient de mică pentru a fi neglijată, relația devine :

$$Q \cong C_1 \frac{p_0}{\sqrt{L_0}}. \qquad (1')$$

Dacă la distanța x de la începutul conductei (fig. 6) există un consumator local care necesită debitul Q_x, energia disponibilă în acest punct al conductei este determinată de următorii factori :

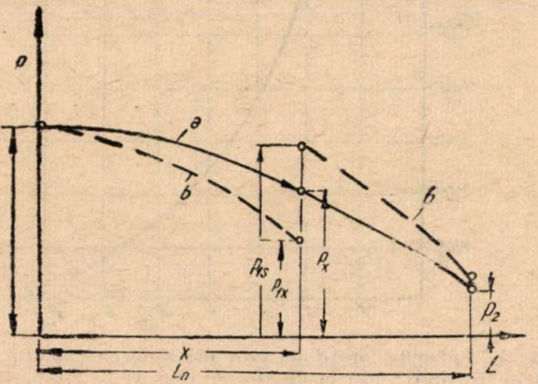


Fig. 6. Schema utilizării energiei gazelor prin destinderea la un consumator din lungul conductei a unei părți din debitul transportat pe conductă.

— căderea de entalpie de la presiunea p_x, aflată la cota x a conductei, la presiunea p_{dx} din rețeaua de distribuție a consumatorului local;

— debitul de gaze Q_x al consumatorului din punctul x.

Această energie disponibilă, în loc să fie consumată pentru învingerea frecărilor din ventilele de laminare, poate fi utilizată pentru mărirea capacității de transport a conductei magistrale. Într-adevăr, transformarea energiei disponibile într-o turbină de trecere permite obținerea lucrului mecanic necesar antrenării unui compresor care să ridice presiunea gazului din conductă în punctul x la o valoare superioară, p_{1s}, care să asigure transportarea unui surplus de debit la consumatorul îndepărtat. Funcționarea consumatorului local la distanța x va conduce la mărirea debitului transportat în porțiunea inițială a conductei cu ΔQ; în schimb, presiunea gazului în conductă va scădea la $p_{1x} < p_x$. Considerînd că regimul conductei nu s-a modificat atît de sensibil încît constanta conductei C_1 să aibă altă valoare, debitul pînă la punctul x va fi dat de relația :

$$Q + \Delta Q = C_1 \sqrt{\frac{p_0^2 - p_{1x}^2}{x}}, \qquad (2)$$

din care se obține :

$$p_{1x} = p_0 \sqrt{1 - \frac{x}{L_0}\left(1 + \frac{\Delta Q}{Q}\right)}. \qquad (3)$$

În ipoteza că debitul de gaz consumat în punctul x este Q_x, puterea produsă de turbina de trecere este :

$$P_t = \frac{427\, \Delta i_t Q_x}{75 \times 86\,400}\, \eta_t, \qquad (4)$$

în care η_t este randamentul turbinei, Δi_t este diferența de entalpie de la presiunea p_{1x} a gazului în conductă, la presiunea p_{dx}, pe care o are gazul în rețeaua de distribuție. Debitul de gaz care urmează a fi comprimat în punctul x este $Q_1 = Q + \Delta Q - Q_x$, iar puterea consumată de compresor pentru a ridica presiunea la valoarea p_{1s} este dată de relația :

$$P_c = \frac{427\, \Delta i_c Q_1}{75 \times 86\,400} \frac{1}{\eta_c}, \qquad (5)$$

unde η_c este randamentul compresorului, iar Δi_c — creșterea corespunzătoare a entalpiei. Cum puterea turbinei trebuie să fie egală cu cea a consumatorului, se obține :

$$1 + \frac{\Delta Q}{Q} = \left(1 + \eta_c \eta_t \frac{\Delta i_c}{\Delta i_t}\right) \frac{Q_x}{Q}. \qquad (6)$$

Neglijînd în acest caz valoarea presiunii din punctul final al conductei, se poate exprima debitul transportat în partea a doua a conductei astfel :

$$Q\left(1 + \frac{\Delta Q}{Q} - \frac{Q_x}{Q}\right) = C_1 \frac{p_{1s}}{\sqrt{L_0 - x}}. \qquad (7)$$

Din relațiile (1'), (6) și (7) se obține :

$$\frac{Q_x}{Q} = \frac{p_{1s}}{p_0} \frac{\Delta i_t}{\eta_c \eta_t \Delta i_c} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{x}{L_0}}}, \qquad (8)$$

din care rezultă :

$$p_{1s} = p_0\, \eta_c \eta_t \frac{\Delta i_c}{\Delta i_t} \frac{Q_x}{Q} \sqrt{1 - \frac{x}{L_0}}. \qquad (8')$$

Datele inițiale ale problemei sînt debitul inițial al conductei, Q, locul de amplasare a consumatorului local x, presiunea inițială a conductei p_0. Se constată că, alegînd valorile randamentelor turbinei și compresorului, relațiile pot fi rezolvate prin aproximații succesive. În figura 6, curbele *a* și *b* reprezintă variația presiunii în conductă fără — respectiv cu — alimentarea consumatorului local. Mărirea debitului în porțiunea inițială a conductei ($Q + \Delta Q$), prin mărirea debitului consumatorului local Q_x, are ca efect scăderea presiunii gazelor din conductă în punctul x, ceea ce micșorează lucrul mecanic specific al turbinei. Cum în același timp Q_x crește, rezultă existența unei soluții optime, funcție de condițiile impuse.

De remarcat că, o dată cu scăderea presiunii p_{1x}, crescînd și debitul ce trebuie livrat la capătul conductei, lucrul mecanic de comprimare trebuie să crească. Pentru ilustrare, în figura 7 este reprezentată variația mărimilor menționate, considerînd $x = 0{,}25\ L_0$. Se constată că mărirea debitului introdus inițial conduce la creșterea proporțională a debitului utilizatorului local, în schimb valoarea debitului disponibil la capătul conductei prezintă un maxim la $\Delta Q \cong 0{,}5\ Q$. Debitul livrat la capătul conductei are aceeași alură de variație ca și presiunea p_{1s}, prezentînd un maxim de 10% pentru $\Delta Q = (0{,}5 \div 0{,}6)\ Q$. De remarcat că, în toate cazurile, la capătul conductei se obține un debit mai mare cînd funcționează consumatorul local, în comparație cu debitul transportat prin conductă cînd nu există nici un consumator pe traseu. În același timp, din examinarea relațiilor stabilite se constată că eficacitatea metodei este cu atît mai mare cu cît presiunea p_{dx} este mai mică și cu cît consumatorul local este mai apropiat de capătul inițial al conductei. Prin micșorarea distanței x scade debitul livrat consumatorului local, în schimb crește sensibil cel livrat la capătul conductei.

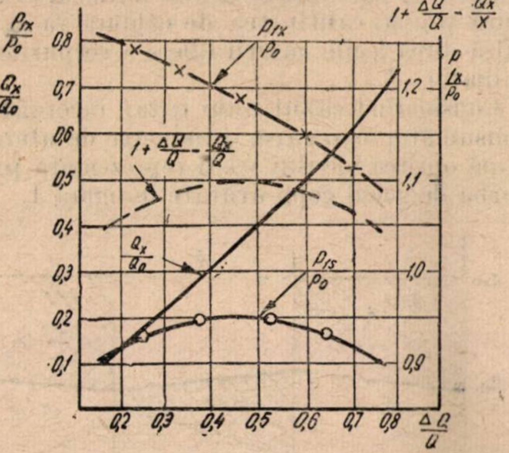


Fig. 7. Variația debitelor și a presiunilor unei conducte magistrale, în funcție de surplusul de debit transportat cînd există un consumator local, situat la $x = 0{,}25\ L_0$.

Din cele prezentate rezultă că utilizarea diferențelor de presiune existente în transportul gazelor naturale pe conductele magistrale permite rezolvarea unor probleme energetice deosebit de importante pentru dezvoltarea marilor întreprinderi industriale. Astfel, în afara asigurării unei exploatări mai raționale a zăcămintelor de gaze naturale, se poate asigura alimentarea totală sau parțială cu energie electrică și frig a unor întreprinderi — funcție de specificul fabricației și parametrii de stare ai gazului, — se obține un surplus de gaze naturale cu același efort depus în foraj și apare posibilitatea asigurării creșterii rapide a debitelor de gaze necesitate de dezvoltarea continuă a industriei, ca și posibilitatea satisfacerii în condiții mai bune a variațiilor de sarcină, ceea ce în anumite situații poate influența însăși soluția de amplasare a întreprinderii industriale. Aceste constatări au condus cercetările întreprinse în acest domeniu în Republica Populară Romînă spre obiectivele semnalate, ajungîndu-se astăzi la stabilirea agregatelor ce urmează a fi aplicate în practică în diverse locuri de utilizare.

Bibliografie

[1] Pimsner, V., Vasilescu, C. A. și Faur, S. *Utilisation de l'energie obtenue par la détente des gas naturels.* Conférence mondiale de l'energie, Madrid, II A/2/22, 1960.

[2] Vasilescu, A. C. și Pimsner, V. *Scheme pentru folosirea turbinei de gaz metan.* Studii și cercetări de energetică 1.59, 1960.

[3] Fono, A. *Means of improving the economy and safety of erupting long distance gas pipe-lines.* World Power Conference Madrid, III, A/7, 1960.

[4] Vasilescu, A. C., Svoronos, P. și Pimsner, V. *Exploatarea rațională a gazelor naturale.* Editura Academiei Republicii Populare Romîne, București, 1963.

Funcționarea cazanelor cu inerție termică mică în exploatarea industrială și energetică*

N. ANTONESCU**

Cazanele cu circulație forțată au, din punct de vedere funcțional, parametri foarte avantajoși, însă, ca o consecință a cantității mici de apă pe care o conțin și a construcției lor ușoare, au o foarte mică inerție termică. Aceasta are ca urmare, în cursul exploatării, atît variații mari de presiune la schimbări de consum ale utilizatorilor, cît și posibilitatea apariției unei instabilități hidrodinamice la anumite regimuri.

Astfel, inerția termică apare, în cazul utilizării unor astfel de cazane, ca unul dintre principalii parametri ai instalației energetice, condiționînd într-o mare măsură stabilitatea parametrilor purtătorului de energie.

Considerînd cazul limită al epuizării complete a rezervei termice a unui cazan — caz posibil dacă se presupune o oprire completă a focului —, o cantitate oarecare de abur va fi produsă prin răcirea părților calde ale cazanului și în urma căderii de presiune. Cantitățile de căldură utilizabile în procesul de vaporizare pot fi clasate, după disponibilitatea lor, în două clase : rezervă de căldură imediată și rezervă de căldură temporizată. Rezerva imediată constă din căldura acumulată în apa din cazan la temperatura de vaporizare, în aburul, la presiunea respectivă, conținut în cazan și conductele de distribuție, precum și cea acumulată în pereții metalici ai țevilor, colectoarelor și tamburilor. Rezerva temporizată constă în căldura acumulată în piesele metalice sau ceramice funcționînd la temperatură ridicată, căldură transmisă țevilor sistemului fierbător prin radiație. În cazul acestei rezerve, neexistînd un contact direct între sursa de căldură și apă, cantitatea de căldură va fi transmisă după legile răcirii libere a corpurilor prin radiație.

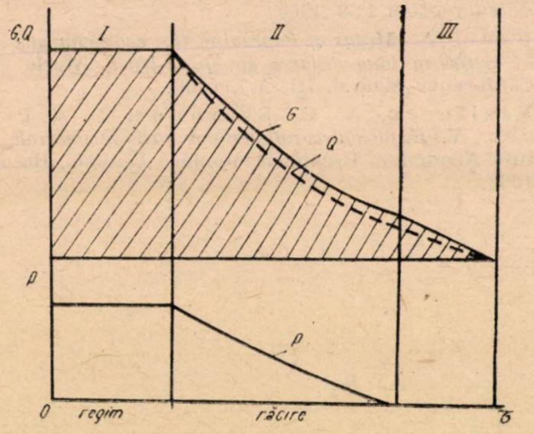


Fig. 1.

Considerînd cazul unui cazan racordat la un consumator oarecare, producția de abur dată după oprirea focului va fi reprezentată printr-o curbă de genul celei arătate în figura 1.

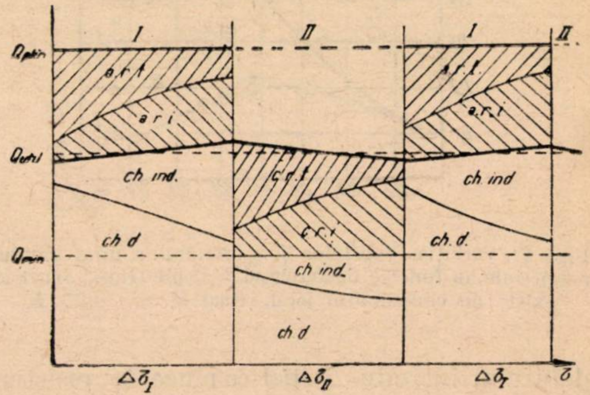


Fig. 2.

Plecînd de la o situație de regim (zona I), debitul de abur după oprirea focului va scădea o dată cu presiunea, în zona a II-a cantitatea de căldură fiind eliberată atît din rezerva imediată cît și din rezerva temporizată. În zona a III-a, după scăderea completă a presiunii, o cantitate oarecare de abur va mai fi încă produsă numai pe seama rezervei temporizate, rezerva imediată fiind epuizată.

Un caz practic care se pune în exploatarea industrială a cazanelor mici cu circulație forțată prevăzute cu un sistem de automatizare de tipul ,,tot sau puțin'' poate ilustra procesul de acumulare și de consum al căldurii interioare. Acest proces este prezentat în figura 2.

Cantitatea utilă de căldură, Q_{util}, are mici fluctuații în jurul valorii medii necesare, ca urmare a variațiilor de presiune, respectiv creșterea de presiune în timpul acumulării căldurii (cînd cantitatea de căldură dată prin combustie este mai mare decît cea utilizată) și scăderea presiunii în timpul utilizării căldurii acumulate.

În prima zonă, cantitatea de căldură produsă prin ardere, cazanul fiind în plină sarcină, Q_{plin}, va fi parțial utilizată pentru satisfacerea căldurii utile, Q_{util}, atît prin căldura transmisă direct țevilor, *ch·d.*, cît și prin căldura transmisă indirect *ch·ind.*, ca urmare a încălzirii pieselor refractare, care cedează apoi căldură prin radiație țevilor.

---

* Articolul de față nu face parte din referatele prezentate la cea de-a III-a Conferință pentru economia energetică în industrie.

** Ing. N. Antonescu este cercetător principal la Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

Cantitatea excedentară de căldură va fi acumulată în rezerva imediată, *a.r.i.*, ceea ce va duce la o mărire a presiunii și în rezerva temporizată, *a.r.t.*, printr-o ridicare a temperaturii maselor refractare. Ca urmare a procesului de transmitere a căldurii prin radiație la aceste mase refractare, cantitatea acumulată este mare la început și descrește apoi repede; din aceeași cauză, căldura transmisă indirect (prin radiație) la țevi va fi mică la început și apoi repede crescătoare.

Intervalele de încărcare, $\Delta\tau_I$, și de descărcare, $\Delta\tau_{II}$, vor fi cu atît mai mari cu cît capacitatea de acumulare a cazanului va fi mai mare, adică cu cît inerția sistemului va fi mai mare.

Cînd sarcina utilă, Q_{ut}, este media între Q_{plin} și Q_{min}, intervalele $\Delta\tau_I$ și $\Delta\tau_{II}$ sînt egale; apropierea lui Q_{ut} de valorile lui Q_{plin} sau Q_{min} conduce la creșterea lui $\Delta\tau_I$, respectiv $\Delta\tau_{II}$.

În cazul cazanelor prevăzute cu o automatizare cu reglaj continuu, procesele descrise mai înainte decurg în același fel, însă intervalele $\Delta\tau_I$ și $\Delta\tau_{II}$ sînt mult mai scurte în timpul stabilizării echilibrului.

După cum se vede, în toate aceste probleme de reglaj al parametrilor purtătorului de energie, capacitatea de acumulare a cazanului, sau, mai exact, inerția termică a sistemului joacă un mare rol.

Considerăm, pentru stabilirea unor formule de calcul, un caz simplu, acela al unui sistem format dintr-un cazan, conductele de distribuție și un consumator. O creștere ΔG^* (kg) de abur necesară consumatorului va fi satisfăcută în urma unei căderi de presiune Δp (at), dacă nici o intervenție nu s-a făcut asupra cazanului. Acțiunea rezervei imediate de căldură se manifestă în acest caz prin vaporizarea unei părți din apa la saturație conținută în țevi și tamburi; prin destinderea aburului conținut în tamburi și conductele de distribuție formînd rețeaua legată la cazan, prin micșorarea entalpiei aburului produs la o presiune mai mică și prin răcirea metalului în contact cu apa la saturație ca urmare a unei temperaturi mai coborîte de fierbere.

O posibilitate simplificată de a stabili variația de presiune necesară producerii unei cantități ΔG^* de abur este de a liniariza variația diferiților parametri care intervin în relațiile de descriere a proceselor termice. În tabela 1 sînt date procesele termice, relațiile de calcul și formulele de liniarizare pentru cazul practic al producerii de abur industrial la presiunea de $2 \div 13$ ata. Pentru orice alte intervale de presiuni, liniarizarea se poate calcula cu alți coeficienți numerici. Eroarea acestor operații nu depășește $0 \div 3\%$ pentru intervalul de presiuni $2 \div 13$ ata și este încă mai mică pentru intervalele presiunilor mai ridicate.

Notațiile adoptate în tabela 1 sînt următoarele:

V_c — volumul ocupat de abur în cazan, m³;
V_T — volumul țevilor de distribuție, m³;
γ — greutatea specifică, kg/m³;
v'' — volumul specific al aburului saturat, m³/kg;
G_t — greutatea apei conținute în tamburi, kg;
G_b — greutatea apei conținute în sistemul fierbător, kg;
i' — entalpia apei la saturație, kcal/kg;
i'' — entalpia aburului la saturație, kcal/kg;
r — căldura de vaporizare, kcal/kg;
G_1 — cantitatea de abur produsă, kg;
G_m — greutatea metalului, kg;
c — căldura specifică a oțelului, kcal/kg. gr.

Tabela 1

Procesul	Formula completă	Relații de liniarizare	Formula simplificată
Destinderea aburului conținut în cazan și în conductele de distribuție	$\Delta G_1 = (V_c + V_T)(\gamma_1 - \gamma_2)$	$(p + 0{,}26)\, v'' = 2{,}038$	$\Delta G_1 = \Delta p \dfrac{V_c + V_T}{2{,}038}$
Vaporizarea apei la saturație conținută în tamburi și în sistemul fierbător	$\Delta G_2 = (G_t + G_b)\dfrac{i_1' - i_2'}{r_{1\cdot2} - i_2'}$	$i' = 5{,}76p + 120{,}66$ $r = -4{,}4p + 527{,}8$	$\Delta G_2 = \Delta p \dfrac{G_t + G_b}{1{,}38\,\Delta p + 70{,}68 - 1{,}76 p_1}$
Scăderea entalpiei aburului produs	$\Delta G_3 = G_1\left[\dfrac{i_1''}{i_2''} - 1\right]$	$i'' = 1{,}3p + 649{,}8$	$\Delta G_3 = \Delta p \dfrac{G_1}{p_1 - \Delta_p + 500}$
Răcirea metalului în contact cu apa în stare de saturație	$\Delta G_4 = \dfrac{G_m \cdot c\,(t_1 - t_2)}{r_{1\cdot2}}$	$t = 5{,}76p + 120{,}66$ $c = 0{,}122$	$\Delta G_4 = \Delta p \dfrac{G_m}{3{,}13\,\Delta p - 6{,}26\, p_1 + 751{,}1}$

Însumînd cantitățile parțiale de abur, se obține :

$$\Delta G^{\star} = \Delta p \left[\frac{V_c + V_T}{2{,}038} + \frac{G_t + G_b}{1{,}38\Delta p + 70{,}68 - 1{,}76 p_1} + \right.$$

$$\left. + \frac{G_1}{p_1 - \Delta p + 500} + \frac{G_m}{3{,}13\Delta p - 6{,}26 p_1 + 751{,}1} \right] \quad (1)$$

Pentru simplificarea formulelor ulterioare de calcul se pot neglija termenii din paranteză conținînd diferența Δp, avînd în vedere că erorile făcute sînt acceptabile pentru mărimea uzuală a lui Δp. Se stabilește astfel relația finală liniară între cantitatea de abur obținută din rezerva internă a sistemului și căderea de presiune corespunzătoare :

$$\Delta G^{\star} = \Delta p \left[\frac{V_c + V_T}{2{,}038} + \frac{G_t + G_b}{70{,}68 - 1{,}76 p_1} + \right.$$

$$\left. + \frac{G_1}{p_1 + 500} + \frac{G_m}{751{,}1 - 6{,}26 p_1} \right] \quad (2)$$

Sistemul cazan consumator analizat se comportă, deci, după relația :

$$\Delta G^{\star} = - k \Delta p, \quad (3)$$

relație liniară care poate fi dedusă totdeauna cînd se cunosc caracteristicile constructive ale cazanului și conductelor de distribuție.

Pentru calculele practice este mai avantajos să se lucreze cu debite de abur. Se transformă, deci, relația (3) prin raportarea la unitatea de timp $\Delta\tau$:

$$\Delta G = \frac{\Delta G^{\star}}{\Delta \tau} = - k \frac{\Delta p}{\Delta \tau} \quad (4)$$

Cu ajutorul acestei relații și notînd $\frac{1}{k} = k'$, se poate defini o funcție caracteristică de inerție termică $R(\tau)$:

$$R(\tau) = \frac{\Delta p}{\Delta G} = - k' \Delta \tau.$$

În exploatare, variația debitului solicitat de consumator poate avea o alură oarecare. Metoda de calcul adoptată pentru studiul presiunii conduce la o ecuație integro-diferențială de forma :

$$P(\tau) = G_0 \cdot R(\tau) + \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{\partial G}{\partial \tau} R(\tau)\, d\tau, \quad (5)$$

sau, pentru variația de presiune :

$$P^{\star}(\tau) = \int_0^{\tau} \frac{\partial G}{\partial \tau} R(\tau)\, d\tau. \quad (6)$$

Scriind ecuația (6) sub forma unui produs de convoluție, se obține :

$$P^{\star}(\tau) = G'(\tau)^{\star} \cdot R(\tau) \quad (7)$$

sau

$$P^{\star}(\tau) = L^{-1}\,[s \cdot g^{\star}(s) \cdot r(s)] \quad (8)$$

unde

$$g(s) = L\,[G(\tau)] \text{ și } r(s) = \mathrm{L}\,[R(\tau)].$$

Aplicînd soluția (8) pentru diferitele cazuri de variație a debitului consumatorului $G(\tau)$, se obțin soluțiile prezentate în tabela 2.

Aceste cîteva exemple arată posibilitatea de calcul al variației de presiune pentru orice alură a curbei de sarcină a consumatorului, aproximînd diversele porțiuni ale curbei prin variații simple.

Pentru calculul complet al variației de presiune, este necesar, după cum s-a arătat, să se ia în considerare și influența rezervei temporizate. Masele refractare încălzite care dau căldură prin radiație țevilor sînt în cea mai mare parte conținute în focarul cazanului. Temperatura t''_F, corespunzînd unui regim termic caracterizat prin sarcina Q'', poate fi exprimată printr-o relație funcție de o altă temperatură t'_f cunoscută, la sarcina termică Q' și temperatura teoretică de ardere t_0 :

$$\frac{(t''_F + 273)^4}{t_0^n - t''^{\,n}_F} = \frac{Q''}{Q'} \, \frac{(t'_F + 273)^4}{t_0^n - t'^{\,n}_F}, \quad (9)$$

relație în care n este un coeficient cu următoarele valori pentru diferiții combustibili :

— combustibil gazos natural $n = 1{,}161$
— combustibili lichizi $n = 1{,}15$
— combustibili solizi cu putere calorică

$H_u = 1400-2500 \quad n = 1{,}16$
$H_u = 2500-3500 \quad n = 1{,}15$
$H_u = 3500-6500 \quad n = 1{,}135$
$H_u = 6500-7500 \quad n = 1{,}130$

Răcirea maselor fierbinți, cu o greutate G_r, cu un interval de temperatură Δt va avea loc într-un timp τ dat de relația :

$$\Delta t = C\,(e^{-m\tau_1} - e^{-m\tau_2}), \quad (10)$$

în care m este coeficientul cunoscut depinzînd de suprafața corpului, capacitatea lui calorică și de invariantul *Bi.*

Cantitatea de căldură produsă din această rezervă termică va fi deci :

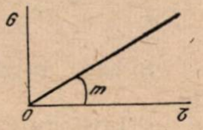
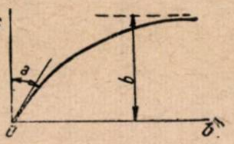
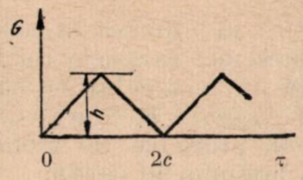
$$Q_{\tau} = G_r \cdot c \cdot \Delta t \quad (11)$$

și cantitatea de abur :

$$G_{\tau} = \frac{G_r \cdot c \cdot \Delta t}{r}. \quad (12)$$

Astfel, revenind la cazul practic general reprezentat în figura 2, calculul cantității de căldură acumulată sau eliberată din rezerva internă se face fixînd în primul rînd limitele Q_{min}, Q_{plin} și Q_{util}. Apoi se poate determina,

Tabela 2

Variația	Schema	Ecuația	Transformarea	Variația de presiune
Liniară		$G(\tau) = m\tau$	$g(s) = \frac{m}{s^2}$ $r(s) = -\frac{k'}{s^2}$	$P^*(\tau) = -k'm\tau^2$
Exponențială		$G(\tau) = b(1 - e^{-a\tau})$	$g(s) = b\left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s+a}\right]$ $r(s) = -\frac{k'}{s^2}$	$P^*(\tau) = -k'b$ $\left[\frac{1}{a}(e^{-a\tau} - 1) + \tau\right]$
Periodică		$G(\tau) = \tau\frac{h}{c}$ pentru $0 < \tau < c$ $G(\tau) = h - \tau\frac{h}{c}$ pentru $c < \tau < 2c$ $G(\tau + 2c) = G(\tau)$	$g(s) = \frac{1}{s^2} th \frac{cs}{2}$ $r(s) = -\frac{k'}{s^2}$	$P^*(\tau) = -k'\left[nch + \right.$ $\left. + \frac{h}{2c}(\tau - 2nc)^2\right]$ pentru $2nc < \tau < (2n+1)c$ $P^*(\tau) = -k'\left[\left(n + \frac{1}{2}\right)ch + \right.$ $\left. + \frac{h}{2c}[(2n+2)c - \tau]^2\right]$ pentru $(2n+1)c < \tau < 2(n+2)c$ cu $n = 0,1,2, \ldots, n$

cunoscînd raportul Q_{plin}/Q_{min}, fluctuația temperaturii maselor radiante și în final cantitatea de căldură Q_τ.

Diferența $Q_{plin} - Q_{util}$ sau $Q_{util} - Q_{min}$ va fi acoperită în parte prin căldura Q_τ, constituind rezerva temporizată, și în rest prin căldura Q_p din rezerva imediată eliberată printr-o cădere de presiune. Cunoscînd Q_p, se poate calcula apoi debitul G de abur produs din rezerva imediată și variația de presiune corespunzătoare.

Cunoașterea variațiilor de presiune a aburului permite să se aprecieze dacă inerția termică a sistemului este suficientă. Dacă variațiile sînt prea mari și în consecință frecvența schimbărilor prea mare, va fi necesară mărirea inerției termice, fie prin introducerea în circuit a unui acumulator, fie prin schimbarea tipului de cazan.

Căderea de presiune admisă, datorită fluctuației rezervei interne de căldură, impune și o verificare atentă a stabilității cazanului.

Stabilitatea hidrodinamică a unui cazan cu circulație forțată poate fi calculată după relația cunoscută :

$$\Delta p_s = \frac{G_R^2 \cdot v' \cdot \lambda \cdot L}{2gf^2 d}\left[\frac{\alpha}{\lambda \cdot L}\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 \xi_B + 1\right] + \frac{(Q_R - G_R \Delta i_0)(v'' - v')}{2grf^2}\left[G_B\left(\frac{\lambda L}{2d} + 2\right) + \frac{\lambda G_R^2 \Delta i_0 \cdot L}{2dQ_R}\right], \tag{13}$$

unde

Δp_s este căderea de presiune într-o țeavă;
G_R — debitul de apă la intrare;
λ — rezistența hidraulică a țevii;
L, f, d — lungimea, secțiunea și diametrul țevii;
f_0 — secțiunea diafragmei de intrare;
Q_R — cantitatea de căldură primită de țeavă;
Δi_0 — diferența între entalpia apei la saturație și entalpia de intrare;
v' și v'' — volumele specifice la saturație.

Condiția de stabilitate este :

$$\frac{\partial \Delta p_s}{\partial \Delta G_R} \leqslant 0, \tag{14}$$

ceea ce determină diferența maximă de entalpie admisă la intrarea în țeavă;

$$\Delta i_{cr} = \frac{v' \cdot r \cdot 7{,}46}{v'' - v'}\left[1 + \frac{d\xi_B}{\lambda \cdot L}\left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]; \tag{15}$$

deci :

$$\Delta i_0 \leqslant \Delta i_{cr}.$$

Debitul de abur produs de țeavă este :

$$D_B = \frac{Q_R - G_R \Delta i_0}{r}. \tag{16}$$

Dacă se admite o vaporizare suplimentară datorită unei căderi de presiune, cantitatea de abur produsă va fi :

$$G_R \cdot i_1' = (G_R - \Delta G)\, i_2' + \Delta G \cdot r_{1,2} \tag{17}$$

$$\Delta G = \frac{G_R \dfrac{i_1' - i_2'}{1 - \dfrac{i_2'}{r}}}{r}. \tag{18}$$

Rezultă, deci, cantitatea totală de abur produsă de țeavă :

$$D_R = \frac{Q_R - G_R \left(\Delta i_0 - a \dfrac{i_1' - i_2'}{1 - \dfrac{i_2'}{r}} \right)}{r}, \tag{19}$$

relație în care s-a notat cu a coeficientul care ține seamă că numai cantitatea de apă avînd o temperatură cuprinsă între t_2 și t_1 poate furniza căldura necesară vaporizării, deci :

$$a = \frac{t_1 - t_2}{2\,(t_1 - t_0)}. \tag{20}$$

Comparînd relațiile (16) și (19), apare că vaporizarea suplimentară are ca efect scăderea lui Δi_0 :

$$\Delta i_0 \rightarrow \Delta i_0 - \frac{t_1 - t_2}{2\,(t_1 - t_0)} \, \frac{i_1' - i_2'}{1 - \dfrac{i_2'}{r}} \tag{21}$$

și fiindcă $t \cong i'$

$$\Delta i_0 \rightarrow \Delta i_0 - \frac{(t_1 - t_2)^2}{2\,(t_1 - t_0)\left(1 - \dfrac{t_2}{r}\right)}. \tag{22}$$

Valoarea critică a lui Δi_0, ținînd seamă de o cădere de presiune, va fi :

$$\Delta i_{cr} = \frac{v' \cdot r \cdot 7{,}46}{v'' - v'} \left[1 + \frac{d\xi_B}{\lambda L} \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 \right] - \frac{(t_1 - t_2)^2}{2\,(t_1 - t_0)\left(1 - \dfrac{t_2}{r}\right)}, \tag{23}$$

deci o stabilitate mai mică, deoarece trebuie ca $\Delta i_0 \leqslant \Delta i_{cr}$.

Cea mai mare influență asupra stabilității, în cazul unei căderi de presiune, este datorită însă modificării volumului specific al aburului, v''.

În intervalul de presiuni $p_1 \rightarrow p_2$, variația volumului specific al aburului poate fi exprimată cu o relație de forma :

$$(p + \alpha)\, v'' = \beta. \tag{24}$$

O variație de presiune Δp va conduce în acest caz la un volum specific :

$$v_2'' = v_1'' \frac{1}{1 + \dfrac{\Delta p}{p_1 + \alpha}} \tag{25}$$

pentru intervalul $2 \div 13$ ata, după tabela 1, α are valoarea $\alpha = 0{,}26$.

Relația finală de stabilitate va fi deci :

$$\Delta i_{cr} = \frac{v' \cdot r \cdot 7{,}46}{v_1'' \dfrac{1}{1 + \dfrac{\Delta p}{p_1 + \alpha}} - v'} \left[1 - \frac{d\xi_B}{\lambda \cdot L} \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 \right] - \frac{(t_1 - t_2)^2}{2\,(t_1 - t_0)\left(1 - \dfrac{t_2}{r}\right)} \tag{26}$$

cu $\Delta i_0 \leqslant \Delta i_{cr}$.

Pentru a asigura stabilitatea în cazul variațiilor mari de presiune, cazanele romînești cu circulație forțată au fost echipate cu regulatoare de presiune așezate la ieșirea din cazan. Acestea, printr-un procedeu de laminare, nu permit scăderea presiunii în cazan.

Avantajul unui astfel de regulator este mărirea stabilității hidrodinamice și o mai mare siguranță în funcționarea pompei de circulație, ținînd seamă că este evitat dezamorsajul prin cavitație. Dezavantajul unui astfel de regulator constă în imposibilitatea utilizării rezervei imediate a cazanului, nemaiexistînd variații de presiune decît în conductele de distribuție, și în imposibilitatea utilizării unui sistem de reglaj cu impuls anticipat. Totuși, dezavantajele sînt cu mult mai mici decît îmbunătățirile funcționale aduse de aceste regulatoare.

În concluzie, atît în alegerea cazanelor cît și în alegerea sistemelor de reglaj și variațiilor admise pentru parametrii purtătorului de energie, trebuie studiate în prealabil atît problemele de inerție termică cît și cele de stabilitate a cazanului.

Calculul inerției termice trebuie extins și asupra rezervei temporizate a cazanului și rezervei imediate a rețelei de distribuție, acești doi factori nefiind neglijabili în raport cu rezerva imediată a cazanului.

În ceea ce privește stabilitatea de funcționare a cazanului, dacă acesta este în schemă de circulație forțată, în cazul unei căderi de presiune o instabilitate poate să apară. Ea poate fi eliminată fie reducînd diferența de presiune admisibilă pentru agentul purtător, fie prin introducerea în schema de automatizare a unui regulator de presiune la ieșirea din cazan.

Rezumatele referatelor generale pe grupele de probleme la cea de-a III-a Conferinţă pentru economia energetică în industrie

Problemele generale ale bilanţurilor energetice şi ale indicatorilor energetici *

DABROWSKI CZESLAW

1. Introducere

Grupa A_1 cuprinde referate care tratează problemele bilanţurilor energetice şi ale indicatorilor şi normelor de consum de energie în industrie. În această grupă se încadrează opt referate din patru ţări : patru din R.D.G., două din R.F.G. şi cîte unul din R.S.C. şi R.P.P.

Referatul general expune pe scurt conţinutul referatelor sistematizate pe principalele probleme tratate şi dă în capitolul ultim un rezumat al problemelor ce urmează a fi rezolvate.

2. Problemele tratate

2.1. *Indicatori şi norme de consum de energie în industrie.* W. Callenberg (A_{1-3}) analizează premisele comparării caracteristicilor energetice ale mai multor unităţi industriale, determinarea consumului specific de energie aferent proceselor tehnologice principale şi secundare, identificarea surselor de pierderi de energie, calcule de randament, calitatea indicilor energetici. Cu toate că problema comparării unităţilor industriale este tratată în general, fără analizarea indicilor energetici specifici unei ramuri, referatul oferă o privire de ansamblu utilă asupra modalităţii de tratare a problemelor energetice în R.D.G. şi permite comparaţii cu modul de rezolvare a acestor probleme în alte ţări.

Z. Warczewski (A_{1-9}) enumeră grupele principale ale indicatorilor tehnico-economici privind energetica industrială : indicatori de consum specific ai diferiţilor purtători de energie, cu exemplificări din industria siderurgică, şi face propuneri pentru introducerea unor indicatori de bază pentru consumul specific de energie, raportaţi la unitatea de timp, respectiv de producţie.

D. Marx (A_{1-5}) analizează scopul introducerii normelor de consum de energie în unităţile industriale. Aplicarea normelor conduce la cercetarea continuă a influenţei diferiţilor factori asupra consumului de energie şi prin aceasta la introducerea în norme a multora din ei. Se cercetează relaţia dintre consumul de energie şi unitatea de produs la industrii cu producţia pe bandă şi la acelea cu producţia diferenţiată.

Problema este tratată în general, fără a avea în vedere un anumit sector industrial, cu tendinţa de a arăta că aplicarea normelor consumului specific de energie poate să constituie, după determinarea prin calcule şi analize corespunzătoare, o bază reală pentru stabilirea criteriilor economice în industrie.

2.2. *Purtătorii de energie.* R. Brendel (A_{1-2}) referă asupra rezultatelor cercetărilor făcute în R.D.G. în vederea determinării purtătorilor optimi de energie pentru procese tehnologice cu consum mare de energie.

Autorul propune pentru calculele în legătură cu înlocuirea purtătorului de energie o formulă pentru determinarea influenţei pe care ar avea-o modificarea consumului specific de energie, a costului căldurii şi a puterii calorifice asupra costurilor de producţie.

W. Simon (A_{1-8}) analizează problema alegerii purtătorului de energie corespunzător proceselor tehnologice ale industriei chimice.

Cu toate că referatul tratează în general problemele termoenergetice specifice industriei chimice, datele prezentate oferă o privire de ansamblu sistematică asupra problemelor gospodăriei de căldură din unităţi industriale şi pot fi aplicate şi în industrii cu alte caracteristici în ceea ce priveşte intensivitatea folosirii căldurii.

2.3. *Planificarea şi organizarea energetică a industriilor.* Cu toate că tema referatului prezentat de R. Fahrner (A_{1-4}) este legată în măsură redusă de grupa A_1, referatul se încadrează totuşi în tema generală prin faptul că oferă o privire de ansamblu concisă asupra modalităţii de planificare şi de conducere a sectorului energetic în R.S.C.

2.4. *Criteriul economic în energetica industrială.* Cele mai multe referate din grupa A_1 relevă importanţa rezolvării după criterii economice a problemelor puse de energetica industrială.

H. F. Müller (A_{1-6}) dedică aproape întregul său referat consideraţiilor economice în energetica industrială. Autorul arată că nu în toate cazurile cel mai ieftin purtător de energie sau cea mai ieftină calorie dă cel mai mare efect economic. Trebuie să se obţină costuri optime de energie, ţinîndu-se seama de calitatea şi cantitatea producţiei. În acest scop se impune determinarea costurilor efective ale energiei şi repartiţia lor justă.

Pentru determinarea structurii costurilor, se recomandă stabilirea separată a costurilor de investiţie ale instalaţiilor energetice şi a costurilor de energie.

W. Simon (A_{1-8}) arată că motive economice nu trebuie luate în considerare numai în secţiile energetice principale, ci şi în procesele secundare, în dispozitivele pentru alimentarea şi distribuţia energiei, în determinarea rezervei necesare şi în utilizarea deşeurilor.

R. Brendel (A_{1-2}) constată cît de vast este domeniul de activitate al secţiei energetice a marilor unităţi industriale dacă se ia în considerare multitudinea purtătorilor de energie : electricitate, abur de diverşi parametri, gaze, apă şi aer. Pentru acest motiv alegerea purtătorului celui mai adecvat pentru anumite procese, pentru a obţine efecte economice maxime, constituie unul din elementele determinării economice a alimentării cu energie.

Părerile autorilor expuse mai sus, precum şi alte indicii arată limpede că în multe cazuri nu se soluţionează încă în mod satisfăcător după criterii ştiinţifice problemele economice puse de energetica industrială. Găsirea soluţiei optime din punct de vedere tehnic şi economic pentru producerea şi utilizarea energiei cere calcule bazate pe cunoaşterea proceselor tehnologice şi a structurii costurilor de producţie ale industriilor respective.

2.5. *Automatizarea proceselor de producţie.* W. Simon (A_{1-8}) şi H. F. Müller (A_{1-6}) menţionează relaţiile dintre mecanizare şi automatizare pe de o parte şi consumul specific de energie pe de altă parte.

2.6. *Căldura reziduală.* În afară de menţiunile scurte privind căldura reziduală, în special în referatul A_{1-8}, prezentat de W. Simon, problema constituie obiectul referatului A_{1-7}, prezentat de W. Riesner. Pe baza unor date provenite de la unităţi ale industriei metalurgice şi chimice din R.D.G., autorul analizează motivele pentru care recuperarea căldurii reziduale este insuficient generalizată în acea ţară, arătînd că deficienţa se datoreşte faptului că lipsesc calculaţiile corespunzătoare ale eficienţei economice.

Este necesară introducerea unei metode unitare de determinare a costurilor căldurii recuperate, pentru a se putea întocmi calculele de eficienţă economică.

2.7. *Măsurători, aparate de măsură şi control.* Date asupra defectelor de măsurare se găsesc în referatul prezentat de R. Brendel (A_{1-2}). W. Callenberg (A_{1-3}) vorbeşte despre gradul necesar de precizie al măsurătorilor pentru determinarea energiei consumate. Despre influenţa erorilor de măsurare asupra determinării normelor consumului de energie, referă D. Marx (A_{1-5}). Autorul consideră că stadiul de dezvoltare a aparatului de măsură şi control necesar pentru calcularea indicilor, pentru întocmirea bilanţurilor şi a rapoartelor şi pentru exploatarea instalaţiilor energetice reprezintă latura slabă a tehnicii energeticii industriale.

---

* Text prescurtat al referatului general al grupei A_1.

Tot de acest capitol aparţine problema ridicării gradului de calificare a personalului care foloseşte aparatele de măsură, control şi automatizare din instalaţiile de producţie sau din laboratoarele uzinelor, asupra căreia atrag atenţia W. Simon (A_{1-8}) şi D. Marx (A_{1-5}).

3. Concluzii

3.1. Din referatele prezentate în grupa A_1, referentul general desprinde următoarele concluzii : utilizarea raţională a căldurii conţinute în combustibil trebuie să ducă la mărirea recuperării căldurii reziduale, în special în industria metalurgică şi chimică cu procese tehnologice cu temperaturi ridicate. Soluţiile tehnice şi proiectele instalaţiilor de recuperare a căldurii reziduale trebuie să fie analizate din punct de vedere tehnico-economic, luînd-se în considerare posibilitatea rezolvării comune a problemelor mai multor unităţi industriale. La aceasta s-ar putea folosi reciproc experienţa diferitelor ţări. În acest scop este util să se determine stadiul cercetărilor din ţările reprezentate la conferinţă, în următoarele domenii :

a) proiectele noilor instalaţii de utilizare a căldurii reziduale din industria metalurgică şi chimică ;

b) calcularea efectelor economice ale recuperării căldurii reziduale şi determinarea unui procedeu de calcul corespunzător ;

c) standardizarea şi tipizarea instalaţiilor de recuperare a căldurii reziduale şi studierea posibilităţii producerii lor pe bază de înţelegere reciprocă în condiţii de cost minim şi nivel tehnic maxim ;

3.2. Pentru calculul costurilor de producţie în alternativa înlocuirii purtătorului de energie al unui proces tehnologic, s-a propus o formulă. Introducerea valorilor în formulă presupune o cunoaştere exactă a structurii costurilor. Practica dovedeşte că nu în toate cazurile se separă în mod just costurile de investiţii şi cele de exploatare. Referentul consideră util să se determine :

a) posibilitatea aplicării formulei ;

b) variaţia valorii costurilor specifice la industrii energointensive, pentru diferiţii purtători de energie.

Bilanţuri energetice în industrie *

NEHREBECKI LUCJAN

1. Introducere

Actualmente fiind unanim recunoscută necesitatea aplicării criteriilor economice pentru aprecierea proceselor de producţie industriale, a devenit actuală stabilirea directivelor de întocmire coordonată a bilanţurilor de entalpie şi de exergie, precum şi a situaţiei costurilor anuale ale energiei consumate util.

În acest scop se propune următoarea sistematizare a problemelor :

1. Probleme de domeniul prezentării procedeului de întocmire a bilanţurilor de entalpie şi de exergie şi a legăturii dintre acestea şi situaţia costurilor anuale, utilitatea şi posibilitatea întocmirii unui bilanţ al energiei utilizate, necesitatea şi mijloacele pentru determinarea potenţialului energetic al unor produse neenergetice.

2. Utilitatea şi posibilitatea determinării pierderilor din depozitare a materiilor prime energetice şi a pierderilor de transmisie a purtătorilor de energie înăuntrul unităţii industriale.

3. Alegerea procedeelor adecvate (măsurători, calcul, apreciere) pentru determinarea consumului specific de energie.

4. Zone şi procedee de măsurători, precizia necesară pentru întocmirea bilanţurilor de entalpie şi exergie ale proceselor tehnologice şi pe unitatea industrială în ansamblu.

5. Determinarea structurii costurilor fixe anuale şi a celor variabile privind alimentarea unei unităţi industriale cu energie consumată util şi a criteriilor de repartizare a costurilor pe diferitele procese tehnologice aplicate în acea industrie.

6. Posibilităţile şi mijloacele de stabilire a unei asemenea legături între bilanţurile de entalpie şi exergie şi costurile anuale, încît, pentru fiecare proces tehnologic mai important sau chiar fiecare din părţile lui, să fie posibilă determinarea necesarului sau consumului de energie caracterizat prin entalpia, exergia şi costurile anuale respective.

7. Posibilităţile de introducere a unei simplificări principiale în metoda de apreciere a energeticii unităţilor industriale.

2. Bilanţurile de energie ale industriilor în rapoartele prezentate

La conferinţă au fost prezentate 8 referate, ale căror teme se încadrează sau se apropie de tematica grupei A_2. Chiar din numărul redus şi din titlurile referatelor se pot trage concluzii generale importante : numărul redus de referate constituie o dovadă a faptului că bilanţurile de energie sînt încă în mod insuficient introduse în practica energetică industrială. În ce priveşte titlurile, jumătate din referate (1, 2, 3 şi 4) tratează bilanţurile de energie ca mijloc de determinare a necesarului de energie şi se încadrează, prin urmare, în punctul 3 al sistematizării problemelor expuse mai sus. Nici unul din referate nu acordă bilanţurilor de energie un rol ca bază de plecare pentru aprecierea unei industrii din punct de vedere energetic. Două referate (7 şi 8) se preocupă de problemele de detaliu ale întocmirii bilanţurilor de energie pentru unele procese tehnologice (punctul 4 al sistematizării) şi celelalte două cu latura metodologică a bilanţurilor entalpiei pe industrii (5) şi pe ţări (6). Aceste ultime două referate pot fi încadrate în punctul 1 al sistematizării.

Aplicarea atît de redusă a bilanţurilor de energie în industrie şi limitarea lor la obiectivele cele mai simple se explică prin faptul că măsurătorile, statistica şi planul de conturi privind costurile nu sînt adaptate în industrii necesităţilor întocmirii bilanţurilor. Problemele legate de bilanţurile de energie nu sînt aprofundate în suficientă măsură. Desigur că şi cota-parte redusă a costurilor de energie din totalul costurilor de producţie la majoritatea industriilor şi dificultăţile întîmpinate la elaborarea bilanţurilor au creat, la conducătorii de industrie, convingerea că este mai simplu să se întocmească un plan energetic exagerat şi să se obţină fondurile pentru aceasta decît să se analizeze necesarul de energie şi să se realizeze o limitare judicioasă a consumului pe acea bază.

Referentul general rezumă şi comentează în modul următor referatele prezentate :

J. Ordenga (A_{2-5}) tratează modul de întocmire a bilanţurilor de energie calorică în industrii plecînd de la premisa că asemenea bilanţuri sînt utilizate exclusiv pentru determinarea indicilor consumului de energie (ceea ce corespunde de altfel şi tematicii acceptate a conferinţei). Se consideră chiar posibilă o adaptare a metodei propuse pentru elaborarea de bilanţuri de energie calorică la scara unei ţări.

Referentul consideră că autorul a urmărit elaborarea unei scheme universale, adaptabilă la specificul oricărei industrii. Dacă aceasta a reuşit din punct de vedere formal, o serie de probleme de bază şi esenţiale sînt doar semnalate.

Autorul nu stabileşte dacă schema de bilanţ propusă poate fi utilizată şi pentru planificarea consumului de energie, nu explică în ce mod să se ia în considerare, la analiza indicilor consumului de energie calculaţi pe baza bilanţului, devieri de la parametrii optimi ai purtătorilor de energie, nu a arătat dacă este suficientă evaluarea energiei şi în special a pierderilor de energie numai pe baza cantităţilor de entalpie pierdute, nu s-a pronunţat în privinţa utilizabilităţii bilanţurilor de energie în forma propusă pentru aprecierea energetică a unei instalaţii.

Referentul consideră că propunerile din referatul lui J. Ordenga nu constituie o concepţie de ansamblu a bilanţului de energie, chiar în limitele strîmte date de autor acestuia.

G. Czipper şi G. Reczcy (A_{2-6}) descriu în referatul lor procedeul aplicat de Comisia de Planificare a R.P.U. pentru elaborarea bilanţurilor de energie pe ţară, sau mai bine zis a necesarului şi consumului purtătorilor primari sau secundari de energie. Tema referatului nu are, prin urmare, decît o legătură vagă cu tematica subgrupei, și chiar a conferinței. Referatul permite totuși formarea unei imagini asupra metodelor de planificare aplicate în R.P.U. în domeniul energetic, precum și asupra dificultăților unei aprecieri obiective a economicității planurilor, în lipsa unei verificări a indicilor fiecărui ramuri industriale. Referentul consideră că nici normarea bazată pe cele mai bune exemple nu poate înlocui o verificare economică.

---

* Text prescurtat al referatului general al grupei A_2.

Problema determinării necesarului de energie a unităților industriale, corespunzătoare grupei a 3-a a sistematizării de mai sus, este tratată în patru referate. Se constată că toate referatele au în vedere doar necesitățile planului curent, autorii neavînd ambiția utilizării bilanțurilor pentru aprecierea energetică a industriilor în adevăratul sens al cuvîntului.

H. I. Beckmann (A_{2-1}) expune o metodă de determinare a necesarului de putere electrică pentru unități industriale, pe baza necesarului de energie electrică. Lucrarea constituie o contribuție la problema bilanțului parțial al energiei electrice, care privește planificarea atît a energiei cît și a puterii. Metoda preconizată operează cu grupe de consumatori de energie tipic omogeni și se aplică, prin urmare, în special în industria constructoare de mașini și în industria ușoară.

P. Lazar (A_{2-2}) își expune opiniile asupra importanței și condițiilor indicilor consumului specific de energie peste planificarea consumului de energie în industrie. Autorul nu ia atitudine privitor la alegerea metodei de planificare a cererii de energie și nu explică modul în care condiții economice diferite pot să-și găsească expresia.

J. Malik și J. Vrtek (A_{2-3}) fac un calcul comparativ interesant al necesarului de purtători de energie primară raportat la produsul finit al unui mare combinat siderurgic cu procese tehnologice clasice, față de necesarul unui combinat cu metalurgie modernă. Trebuie admis că elaborarea unor bilanțuri energetice și a calculațiilor costurilor anuale peste cele două variante comparate ar fi adus completări utile exemplului tratat în referat.

V. Pimsner (A_{2-8}) analizează posibilitatea utilizării energetice a presiunii gazului metan dintr-o conductă magistrală prin instalarea unei turbine de aer, cu ajutorul căreia presiunea gazului metan se reduce la nivelul cerințelor din rețea. Prin aceasta s-ar realiza pe lîngă energie electrică și o elasticitate mai mare a alimentării consumatorilor industriali cu gaz metan. Referentul general constată legătura slabă a acestui referat cu tematica grupei A_2.

Ultimele două referate, considerate de referentul general ca aparținînd punctului 4 al sistematizării, tratează în detaliu problemele bilanțurilor de energie a proceselor de bază și exotermice din industria chimică.

J. Folwarczny (A_{2-7}) se ocupă de determinarea unor indici de consum de energie univoci pentru procese complexe de ardere. În practică, determinarea consumului de energie întîmpină mari dificultăți în asemenea cazuri, deoarece nu există norme general acceptate ale procedeului, în special în privința efectuării măsurătorilor, luării probelor etc., precum și simplificărilor ce intervin datorită lipsei datelor asupra compoziției chimice a materiilor prime și a produselor finite. Autorii indică formule generale pentru calcularea consumului de combustibil și de căldură în procese complexe de ardere, care pot fi aplicate la multe procese tehnologice cu temperaturi înalte.

M. Kwiatkowski, T. Missala și W. Szacki (A_{2-4}) cercetează procedeele de măsurătoare pentru întocmirea bilanțurilor de energie pentru procesele tehnologice aplicate în industria chimică. Autorii pleacă de la premisa că indicii generali de consum de energie pentru producerea unui articol finit nu oferă un criteriu pentru aprecierea sa energetică, datorită caracterului complex și cumulativ al majorității ciclurilor de procese de producție. Trebuie să se tindă, prin urmare, la bilanțarea și analiza proceselor tehnologice tipice de bază. După o clasificare a acestor procese, autorii cercetează bilanțurile unor procese tehnologice elementare tipice.

Autorii stăruie asupra preciziei unor asemenea bilanțuri, care ar trebui realizată prin alegerea corespunzătoare a unor procedee de măsură și a unor coeficienți empirici. Referatul nu explică însă modul în care bilanțurile unor procese tehnologice individuale ar putea fi însumate în bilanțul energetic al întregii uzine chimice, luîndu-se în considerare structura diferită a bilanțurilor parțiale și a concordanței ce trebuie stabilită în privința transformărilor energiei în acea uzină. O completare utilă a referatului ar constitui-o bilanțul energetic al unui proces tehnologic concret. Referentul general își exprimă rezervele sale în legătură cu afirmația autorilor privitoare la comparabilitatea indicilor calculați pe baza bilanțului complex al entalpiei al unui proces tehnologic. Concluziile trase fără luarea în considerare a bilanțului exergiei și a costurilor anuale sînt șubrede, după părerea referentului general.

3. Concluzii

Se propune concentrarea discuțiilor asupra următoarelor probleme :

1. Condițiile principale pe care trebuie să le satisfacă bilanțul combustibilului și al purtătorilor de energie pentru a putea fi utilizat în vederea aprecierii energetice a unei unități industriale.
2. Este posibilă aprecierea energetică complexă a unei industrii fără luarea în considerare a bilanțului exergiei și a costurilor anuale ale energiei?
3. Prin ce să se deosebească bilanțurile entalpiei și ale exergiei și situația costurilor anuale ale energiei întocmite pentru perioade trecute de cele pentru perioade viitoare, la unități industriale.
4. Este utilă introducerea în bilanțuri a unei trepte privind energia consumată util?

Referentul general propune să se adopte o hotărîre privitoare la aprofundarea cercetărilor în domeniul analizei complexe a energeticii industriale.

Indicatorii energetici în industrie*

SROCZINSKI WLADISLAW

1. Considerații introductive

Indicatorii de consum își îndeplinesc bine rolul lor de instrument de control al modului de folosire a energiei, ca element de comparație în timp a rezultatelor pe exploatare pentru o întreprindere dată, dar, de cele mai multe ori, nu pot servi ca element de comparație între diferite exploatări cu producție asemănătoare, datorită neomogeneității structurii lor.

Referatele grupei A_3 dovedesc că între diferiții autori există o diversitate de concepții, unele chiar contradictorii, în ceea ce privește înseși noțiunile de bază [O. Benda (A_{3-2}), V. Caracudovici și E. Dorfman (A_{3-3}), C. Lipka (A_{3-5}), R. Madej (A_{3-6}), J. Mikulski (A_{3-8}), N. Moldoveanu, V. Caracudovici, C. Nagy și J. Gayraud (A_{3-9})].

Autorii sînt însă, în general, de acord în privința scopurilor pentru care se utilizează indicatorii, și anume :

1. Pentru judecarea instalațiilor în funcțiune prin comparația valorilor realizate cu cele de proiect.
2. Pentru stabilirea unor valori a căror realizare trebuie urmărită.
3. Pentru calculul premiilor.
4. Pentru proiectarea instalațiilor noi.
5. Pentru planificarea dezvoltării economiei.

Din referate rezultă o clasificare a indicatorilor din diferite puncte de vedere :

1. Din punctul de vedere al energiilor luate în considerare :

a) indicatori tehnici, care se referă la un combustibil sau purtător de energie utilizat în producție ;

b) indicatori de aprovizionare și bilanț, care se referă la un combustibil sau agent energetic livrat unui consumator ;

c) indicatori tehnici globali, care se referă la energia cuprinsă în toți purtătorii de energie și combustibilii necesari producției date ;

---

* Text prescurtat al referatului general al grupei A_3.

d) indicatori complecşi de categoria I. care se referă la energia cuprinsă în combustibilii consumaţi direct în instalaţii productive, precum şi aceia pentru producerea şi transportul tuturor purtătorilor de energie necesari instalaţiilor productive;

e) indicatorii complecşi de categoria a II-a, care cuprind consumurile arătate la punctul precedent, la care se adaugă şi cantităţile de energie consumate direct sau indirect pentru producerea materiilor prime necesare procesului de producţie. Ultimele două categorii de indicatori s-ar putea denumi „genetice".

2. Din punctul de vedere al domeniului de aplicare şi al beneficiarilor:

a) indicatori ai unor instalaţii sau ai fluxului de producţie interesînd personalul de supraveghere şi control, precum şi pe proiectanţi;

b) indicatori ai unor grupe de instalaţii asemănătoare, cu sarcini identice de producţie, interesînd administraţia tehnică şi economică a întreprinderii;

c) indicatori privind o ramură economică sau o ţară, interesînd administraţia ramurii industriale şi organe centrale pentru planificarea economică.

3. Indicatori privind:

a) consumul de energie (cantitativi);

b) economicitatea folosirii energiei (calitativi);

4. Din punctul de vedere al formei de exprimare:

a) indicatori numerici;

b) sub formă de funcţii.

5. Din punctul de vedere al caracterului elementului exprimat:

a) indicatori care exprimă calitatea instalaţiei;

b) indicatori care exprimă starea instalaţiei;

c) indicatori care exprimă consumul de energie într-o perioadă trecută;

d) indicatori care exprimă consumul de energie în viitor.

6. Din punctul de vedere al modului de stabilire:

a) indicatori teoretici;

b) indicatori stabiliţi pe bază de măsurători în exploatare;

c) indicatori prevăzuţi pentru viitor.

Grupele de mai sus se întrepătrund.

2. Condiţiile necesare pentru realizarea comparabilităţii indicatorilor

Indicatorii consumului de energie sînt de interes general. Aproape toţi autorii referatelor prezentate în grupa A_3 relevă necesitatea definirii exacte şi unificării generale a noţiunilor din acest domeniu. Indicatorii obţin un caracter univoc numai atunci cînd se precizează condiţiile la care se referă. Valorile cifrice trebuie completate de aceea cu informaţii privind:

1. specificarea exactă a producţiei;
2. tehnologia de fabricaţie;
3. determinarea consumului pentru producţia propriu-zisă şi pentru cea auxiliară;
4. date privind materiile prime şi auxiliare;
5. date privind purtătorii de energie, parametrii lor şi modul de măsurare;
6. alte detalii care influenţează valoarea indicatorilor.

Recapitulînd opiniile diferiţilor autori privitoare la condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească un sistem unitar de indicatori, se constată că:

1. indicatorii trebuie să fie precis definiţi şi exprimaţi clar şi univoc;
2. definiţiile indicatorilor trebuie să fie pe cît posibil unitare şi independente de felul purtătorului de energie, precum şi de locul în care acesta se utilizează;
3. modul de determinare a indicatorilor trebuie să fie cît mai simplu şi corespunzător cu metodele de măsurat aplicate efectiv în practica industrială;
4. sistemul de indicatori trebuie să aibă un caracter general şi să fie aplicabil în toate ramurile industriale, precum şi în toate eşaloanele administraţiei tehnico-economice care exercită supravegherea exploatărilor industriale şi energetice.

3. Indicatorii tehnici

Majoritatea autorilor se preocupă în referatele lor din grupa A_3 de indicatorii privind consumul de energie de folosire (randamentul) a lui şi descriu rezultatele cercetărilor făcute la instalaţii concrete prin utilizarea indicatorilor.

H. Schaefer (A_{3-10}) tratează în general problema folosirii energiei, preocupîndu-se de energia utilizabilă, adică energia care produce un efect real în procesul de producţie. Autorul defineşte energia utilizabilă pentru unele elemente ale procesului de producţie şi introduce o serie de indicatori ce caracterizează funcţionarea instalaţiilor, ca: gradul de utilizare tehnică a energiei, respectiv încărcarea relativă a instalaţiilor, creşterea relativă a consumului de energie etc.

Referentul general recomandă extinderea aplicării indicatorilor luaţi în considerare de autor la alte industrii, considerabil mai intensive în energie, la instalaţiile termoelectrice, electrolitice sau chimice.

G. Schenkel (A_{3-11}) aplică determinările şi definiţiile lui Schaefer la procese tehnologice utilizînd maşini-unelte aşchietoare, uscătoare, cuptoare de forjă şi altele. Autorul deduce, din indicii calculaţi pe bază de măsurători, concluzii asupra eficienţei energetice a acelor instalaţii.

J. Mikulski (A_{3-11}) analizează influenţa programului de producţie a unui laminor asupra indicatorilor de consum de energie electrică şi de căldură. Se enumeră factorii principali variabili ai programului şi se indică influenţele constatate la variaţia unui factor asupra celorlalţi factori variabili sau ficşi. Se analizează şi variaţia indicatorilor de consum de căldură la cuptoare Siemens-Martin şi se dă o nomogramă care permite recalcularea indicatorilor obţinuţi în anumite condiţii de combustibil şi sarcină.

D. Wielew (A_{3-14}) cercetează indicatorii consumului de energie termică şi electrică în cuptoare de topit sticlă, sprijinindu-se în parte pe modul de experimentare al lui Schaefer.

B. Miecznikow şi alţii (A_{3-7}) referă asupra rezultatelor calculelor de eficienţă economică la utilizarea diferiţilor combustibili la cuptoare rotative pentru arderea clincherului. Unul din elementele cercetate este indicatorul de consum de energie.

C. Lipka (A_{3-5}) prezintă indicatori energetici privind starea şi modul de funcţionare a turbocompresoarelor de mină. Datele se referă la un domeniu îngust şi autorul expune problematica aplicării lor la un complex de instalaţii.

J. Szargut (A_{3-13}) cercetează problema folosirii gazelor de ardere pentru preîncălzirea substanţelor din cuptoare industriale. Se analizează, pe baza unor indicatori, rezultatele tehnico-economice ale exploatării cuptorului în condiţii diverse. Referatul constituie un exemplu de aplicare a indicatorilor pentru aprecierea eficienţei tehnice şi economice a unor instalaţii.

J. Gayraud, C. Nagy şi N. Moldoveanu (A_{3-9}) prezintă două categorii de indicatori: prima cuprinde indicatorii simpli, referitori la un singur combustibil sau purtător de energie, folosit într-un singur scop, iar a doua se referă la indicatorii denumiţi complecşi, ce vor fi trataţi în capitolul următor.

Autorii prezintă necesitatea introducerii indicatorilor auxiliari pentru încălzit, luminat şi activităţile de servire generală a întreprinderii, concepţie care diferă de aceea a altor autori şi de practica din unele ţări.

V. Caracudovici şi E. Dorfman (A_{3-3}) sînt singurii care se ocupă de problema dificilă a indicatorilor în cazul producţiei neomogene.

Din majoritatea referatelor citate rezultă dificultăţile întîmpinate la determinarea indicatorilor privitor la instalaţii sau la producţie.

4. Indicatorii de aprovizionare şi bilanţ

Necesităţile planificării, de la întreprinderi pînă la administraţiile centrale ale industriei, impun determinarea cantităţilor de materii prime energetice (combustibili) necesare pentru realizarea planurilor de producţie. Pentru purtătorii de energie cu rază de transport limitată (abur, apă caldă, aer comprimat şi altele) nu se întocmesc bilanţuri la scară teritorială, consumul de energie primară necesară producerii lor fiind cuprins pe bază de indicatori care trebuie să aibă în vedere și randamentul de producere și transport al lor. Raportul general analizează în continuare modul și criteriile de folosire în bilanțuri a indicatorilor pentru purtătorii de energie (energie electrică, abur, apă caldă, cărbune și gaz).

5. Indicatorii tehnici „globali"

Indicatorii tehnici „globali" exprimă, în concepția referentului general, suma consumurilor specifice directe de energie ale unui proces tehnologic, convertiți în aceeași unitate, adică suma purtătorilor de energie consumați pentru realizarea unei unități de producție. Aici încadrează referentul general indicatorii „complecși" prezentați de J. Gayraud, C. Nagy și N. Moldoveanu (A_{3-9}) pentru cazane, centrale termoelectrice și diverse procese de producție, cu mențiunea că modul de a concepe complexitatea acestor indicatori diferă la acești autori de acela al tuturor celorlalți autori ai grupei A_3.

6. Indicatorii complecși de categoria I

La analiza comparativă a indicatorilor complecși și consumului de energie, este necesar, din punct de vedere energetic general, să se raporteze indicatorii unora din purtători la locurile de producere a lor și la combustibilii primari utilizați pentru producerea lor.

R. Madej (A_{3-6}) cercetează această problemă, metoda expusă pretinzu-se pentru întocmirea de bilanțuri energetice la scara organelor centrale de planificare pe țară.

7. Indicatorii complecși de categoria a II-a

În concepția referentului general, indicatorii complecși de categoria a II-a exprimă consumul specific direct de energie (raportat la unitatea de măsură a unui produs) împreună cu consumul specific indirect de energie necesar pentru producerea tuturor materiilor prime consumate pentru producerea lui. Asemenea indicatori, utili pentru planificarea centralizată a producției, sînt exemplificați de referentul general.

8. Indicatorii considerați din punctul de vedere al personalului de exploatare care lucrează cu ei și la limitele instalațiilor

Determinarea indicatorilor privitori la instalații sau fluxuri tehnologice, la îndemîna personalului de exploatare care lucrează cu ei și la limitele unor instalații este în general recunoscută de toți autorii. Nu s-a putut stabili un punct de vedere unitar asupra delimitării instalațiilor auxiliare ale producției, care variază pe ramuri de producție.

Problemele indicatorilor de producție ale acestui capitol sînt tratate de mai mulți autori.

O. Benda (A_{3-2}) propune trei trepte de indicatori pentru un agregat tehnologic, fără consumuri auxiliare, pentru o secție de producție și pentru ramura industrială.

Z. Zwierzycky (A_{3-15}) tratează indicatorii de consum de energie și de putere instalată pe bază statistică, pentru o ramură a industriei.

W. Siewer (A_{3-12}) analizează consumul de energie și necesarul de putere al industriei prelucrătoare de metal din punctul de vedere al ramurii.

Considerații generale asupra scopurilor și condițiilor aplicării indicatorilor de consum „simpli" și „complecși", a consumului pentru producția propriu-zisă și pentru scopuri auxiliare, precum și asupra felurilor de purtători de energie sînt expuse de N. Moldoveanu, V. Caracudovici, C. Nagy și J. Gayraud (A_{3-9}). Referentul general relevă în special pasajul din referat privitor la introducerea unor indicatori negativi pentru cantitățile de energie ce iau naștere în proces și sînt sau pot fi folosite în afara procesului.

9. Teme de discuție

După ce se analizează, pe baza referatelor prezentate de Mikulski și Benda, noțiunea de normă de consum de energie și se fac considerații asupra determinării intensității consumului de energie a unor produse și asupra importanței indicatorilor pentru aprecierea energetică în industrie, referentul general enumeră temele cele mai controversate, care propune să fie discutate:

1. Noțiuni: se propune întocmirea unui nomenclator al termenilor din domeniul indicatorilor pentru care să se elaboreze în viitor definiții general acceptate.
2. Definirea indicatorilor: se cer propuneri pentru un sistem unitar de indicatori, care să corespundă nevoilor practice.
3. Produse energo-intensive (cu consum specific global mare de energie): se propune determinarea, în cadrul țărilor participante, a consumului de energie global și pe sortimente pentru produsele de masă cele mai intensive în energie. Determinarea listei produselor pentru care să se facă studii comparative.
4. Utilitatea indicatorilor: se cer propuneri privind gradul de utilizare a indicatorilor și a categoriilor de indicatori.
5. Unități de măsură: care unități de măsură trebuie aplicate la calcularea indicatorilor complecși (kcal, t.c.c etc.)?
6. Precizia: ce grad de precizie trebuie cerut indicatorilor. Se pot stabili baze unitare pentru măsurarea elementelor constitutive ale indicatorilor (produs, căldură, energie electrică etc.)?

Alegerea purtătorilor de energie și a parametrilor instalațiilor productive *

ANDRZEJEWSKI STANISLAW

Referentul general trece în revistă referatele prezentate la grupa B_1, în cadrul unor expuneri asupra problemelor puse de necesitatea acoperirii cererilor de energie electrică și termică ale industriilor.

1. Alegerea soluțiilor de alimentare cu energie termică a industriilor

R. Freiberger (B_{1-6}) analizează problema purtătorului primar de energie în raport cu temperaturile și cantitățile de căldură cerute de procesele tehnologice, luînd în considerare sortimentele disponibile de combustibili interni și din import, problemele de transport și condițiile economice.

2. Utilizarea deșeurilor combustibile

N. Pănoiu, G. Singer, I. Carabogdan, C. Crăciuneanu și M. Schwartz (B_{1-12}) referă asupra cazanelor construite în R.P.R pentru arderea cojilor de sămînță de floarea-soarelui, destinate pentru centralele industriale ale fabricilor de ulei. Problema limitelor ecomomice ale costului cazanelor mici de construcție specială pentru deșeuri combustibile este analizată de P. Orlowski (B_{1-11}).

Deoarece costurile de proiectare ajung la asemenea cazane la cote importante ale costului total al cazanelor, autorul recomandă o colaborare internațională a țărilor, în special în cazul cazanelor destinate pentru arderea unor deșeuri combustibile rare, prin schimb de experiență și eventual chiar de documentații cel puțin privind focarul. În acest scop ar fi necesare înțelegeri prealabile asupra parametrilor aburului și gamei de debite ale cazanelor respective.

Ordinea de zi a conferinței neprevăzînd în mod expres problema arderii deșeurilor combustibile în cazane industriale, referentul general consideră că ar fi utilă convocarea unei conferințe separate cu acestă temă.

3. Probleme de termoficare

J. Marecki și R. Krajewski (B_{1-7}) și J. Mira (B_{1-9}) cercetează problemele în legătură cu satisfacerea cererilor de căldură ale unor industrii care necesită debite termice atît de reduse, încît se pune în discuție limita inferioară a eficienței economice a ciclurilor de termoficare corespunzătoare. Autorii arată că prin utilizarea unei

---

* Text prescurtat al referatului general al grupei B_1.

mașini cu abur cu piston, de contrapresiune, de tip modern, se extinde considerabil limita inferioară a ciclurilor de termoficare realizabile în condiții de eficiență economică.

4. Standardizarea echipamentelor

Problema standardizării echipamentelor energetice a fost tratată pe larg în multe referate, dar referentul general relevă că, în afară de referatul J. Marecki și J. Krajewski, (B_{1-7}) se constată doar declarativ cerințele și se relevă avantajele unei tipizări, fără a se da date concrete și fără concluzii. P. Orlovski (B_{1-11}) dă o situație a seriei de tipuri de cazane construite în țările socialiste, cu o varietate mare de parametri și de debite. În multe referate (Blahovcova (B_{1-2}), Erdelyi (B_{1-5}), se discută problema seriei prea mari de tipuri de cazane, care duce la costuri specifice ridicate de proiectare și construcție, împiedică tipizarea și reduce posibilitatea unor îmbunătățiri ce ar rezulta din folosirea experienței cîștigate de la cazane construite anterior, aflate în exploatare. Referentul general constată că în practică nu se ține seamă de avantajele unei tipizări și se tinde în continuare a adapta debitele și parametrii cazanului la necesitățile tehnologice ale industriei, apreciate sumar, cu un coeficient exagerat de rezervă.

5. Alegerea parametrilor agentului termic

I. Erdelyi (B_{1-5}) tratează problema alegerii parametrilor și a soluției tehnice a instalațiilor în cazul cînd procesul tehnologic al industriei necesită abur de parametri diferiți.

6. Scheme termice, turbine și instalații de recuperare a căldurii

Problema acumulatoarelor de căldură la centrale industriale constituie tema referatului prezentat de Z. Chajecki (B_{1-3}). Autorul propune o tipizare a acumulatoarelor de căldură. O altă contribuție la mărirea eficienței economice a centralelor industriale o constituie propunerea lui W. Ullmann (B_{1-13}) privind ciclurile de termoficare combinate abur-gaze.

Nu a fost tratată în nici un referat recuperarea căldurii din gazele de ardere.

7. Tipizarea tensiunilor

Referatul prezentat de E. Mokrosz (B_{1-10}) tratează problema tensiunilor din rețelele electrice de distribuție ale industriilor. Constatînd că în R.P.R. au fost introduse, în general, în industria chimică, tensiunile de 6 kV și 380/220 V, autorul propune ridicarea tensiunii de distribuție, în uzine mari, la 1 000 V.

8. Încheiere

Referentul general propune spre discutare următoarele probleme :

1. *Alegerea combustibilului pentru scopuri energetice*

1.1. Adaptarea cazanelor pentru arderea de combustibili și deșeuri locale ieftine.

1.2. Dezvoltarea în perspectivă a posibilităților de utilizare a unor diferiți combustibili și purtători primari de energie.

1.3. Luarea în considerare a importanței crescînde a combustibililor lichizi și a energiei electrice, în special pentru procese tehnologice cu temperaturi înalte.

2. *Cicluri de termoficare industrială*

2.1. Determinarea limitei inferioare a eficienței economice a termoficării industriale.

2.2. Stabilirea parametrilor optimi ai aburului viu și ai agentului termic din punctul de vedere al termoficării industriale.

3. Tipizarea cazanelor și alegerea parametrilor aburului viu după criteriile reducerii numărului de tipuri constructive și unificării parametrilor.

4. Modul de alimentare cu căldură pentru receptoare cu debite reduse, situate sub limita eficienței economice a termoficării industriale.

Alegerea parametrilor consumatorilor de energie*

STANISZEWSKI BOGUMIL

1. Introducere

Problemele în legătură cu alegerea parametrilor energetici în industrie, supuse dezbaterii, sînt :

1. alegerea purtătorului de energie ;
2. presiunile și temperaturile utilizate de consumatori și analiza utilității și posibilității unei tipizări ;
3. metoda de apreciere energetică a consumatorilor de energie ;
4. probleme economice și ale costurilor căldurii și energiei electrice ;
5. mașini și tipuri ale instalațiilor receptoare de energie termică ;
6. aplicarea termocompresoarelor, transformatoarelor de presiune și acumulatoarelor de căldură ca mijloace pentru îmbunătățirea economiei termoenergetice.

Problemele enumerate sînt insuficient tratate în referatele primite. Referatele prezentate tratează numai cîteva din ramurile industriale interesate.

L. Lasckiewicz (B_{2-5}) referă asupra alegerii parametrilor consumatorilor de căldură din industria de celuloză și hîrtie, arătînd posibilitățile de reducere a presiunilor și de mărire a cantităților de energie în regim de contrapresiune și modul de alegere a tipurilor de turbină, precum și a presiunilor de priză.

J. Korasiewicz (B_{2-4}) analizează situația termoenergetică a industriei textile. Se consideră că apa caldă ar putea fi utilizată în măsură mai mare ca pînă acum ca purtător de energie în locul aburului.

M. Grochal și J. Sochanski (B_{2-2}) caută să dovedească posibilitatea unei unificări și optimizări a parametrilor aburului livrat consumatorilor tehnologici, în care scop propun gama de presiuni necesare în diferite industrii. Se analizează și posibilitatea de utilizare a termocompresoarelor și transformatoarelor de presiune.

S. Ochenduszko (B_{2-6}) aplică metoda exergetică de apreciere a schimbătoarelor de căldură. Se propun indicatori de caracterizare a schimbătoarelor.

I. Pentek (B_{2-7}) tratează, de asemenea, problema schimbătoarelor de căldură cu aplicarea la o instalație de încălzire la temperaturi înalte a aerului suflantei unui furnal.

M. I. Hildebrand (B_{2-3}) se referă la posibilitatea îmbunătățirii factorului de putere în instalații industriale, prin alegerea și utilizarea corespunzătoare a motoarelor de acționare.

După cum rezultă din indicațiile rezumative de mai sus, nu au fost tratate toate problemele parametrilor instalațiilor consumatoare de energie.

2. Probleme în legătură cu alegerea instalațiilor consumatoare

2.1. *Alegerea purtătorului de energie.* Prin faptul că în ultimul timp tot mai frecvent industria face uz de centrale de termoficare zonale, care livrează pentru încălzit apă caldă, J. Korasiewicz (B_{2-4}) constată tendința de a se adopta în tehnologie apa ca agent termic. Același autor analizează soluția optimă de alimentare a industriilor cu cantități reduse de căldură la temperaturi mai ridicate decît cele utilizate pînă acum, cerute de tehnologii noi. Alternativa acoperirii acelor debite de la prize în regim de contrapresiune se poate dovedi mai puțin economică decît utilizarea de abur viu din cazanul centralei proprii, sau producerea cantității de abur într-un cazan de abur alimentat cu combustibil lichid sau, eventual, a unui cazan electric.

2.2. *Presiunile aburului utilizat de consumatorii de căldură.* Problema alegerii corespunzătoare a presiunilor aburului se tratează în referatele prezentate de M. Grochal și J. Sochanski, (B_{2-2}) și J. Korasiewicz (B_{2-4}) și L. Laszkiewicz (B_{2-5}). Tipizarea presiunilor se analizează în detaliu de M. Grochal și J. Sochanski (B_{2-4}), fiind menţionată şi de J. Korasiewicz (B_{2-4}).

---

* Text prescurtat al referatului general al grupei B_2.

Din comaparaţia opiniilor exprimate în refetatele acestor autori, se constată anumite divergenţe, între altele în privinţa valorilor presiunilor optime. Referentul general consideră că numai din analiza bazată pe data statistice a consumului de abur pe ramuri ale industriei şi cu luarea în considerare a tendinţelor noi în tehnologie s-ar putea găsi baza pentru confirmarea propunerilor de tipizare a gamei de presiune a schimbătoarelor de căldură. Alte efecte economice importante se vor putea obţine prin stabilirea şi tipizarea presiunilor la turbinele cu prize.

2.3. *Metoda de apreciere energetică a consumatorilor.* M. Grochal şi J. Sochanski (B_{2-2}) propun aplicarea metodei exergetice pentru alegerea parametrilor aburului de alimentare a consumatorilor tehnologici. Aceeaşi metodă este utilizată de S. Ochendusko (B_{2-6}) pentru schimbătoarele de căldură. Autorul defineşte noţiunea de randament energetic al unui schimbător şi mărimile „grad de ireversibilitate" şi „grad al calităţii transmiterii căldurii". Aplicarea exergetică a schimbătoarelor de căldură este deosebit de utilă, deoarece permite să se aprecieze influenţa proceselor ireversibile ce se petrec în ele asupra randamentului întregului sistem la care este racordat schimbătorul.

2.4. *Probleme economice legate de alegerea parametrilor unor instalaţii consumatoare.* Problemele stabilirii şi repartizării costurilor căldurii şi energiei electrice produse în regim de termoficare sînt tratate în referatul M. Grochal şi J. Sochanschi (B_{2-2}). Autorii propun să se aplice metoda preconizată de J. Szargut, bazată pe noţiunea energiei, pentru determinarea costului aburului, şi metoda lui J. Wagner pentru determinarea costurilor energiei electrice şi termice în regim de termoficare. Referentul general ridică obiecţii contra metodei Wagner, care presupune a priori o egalitate de costuri între energia electrică produsă într-o centrală de termoficare industrială şi aceea produsă într-o centrală de condensaţie, echivalentă, de sistem. Metoda propusă de J. Marecki este bazată, în schimb, pe repartizarea avantajului din termoficare asupra ambelor feluri de energie, în raport direct cu costurile de producţie în cicluri separate.

2.5. *Mărimea şi tipurile instalaţiilor consumatorilor de energie.* În referatul M. Grochal şi J. Sochanski (B_{2-2}) se constată existenţa unei diversităţi mari de tipuri de schimbătoare de căldură netipizate, ceea ce face ca în multe cazuri să se găsească în exploatare tipuri nepotrivite. Referentul general analizează posibilităţile de realizare a unor progrese în domeniul schimbătoarelor de căldură, prin mărirea şi intensificarea schimbului de căldură.

J. Pentek (B_{2-7}) prezintă, în referatul său, un exemplu de analiză a problemelor tehnice şi economice legate de anumite tipuri de schimbătoare de căldură.

Problema standardizării acţionării electrice la pompe centrifugale mici este analizată în referatul prezentat de H. J. Hildebrand (B_{2-3}).

2.6. *Imbunătăţirea schemelor termice ale industriilor.* M. Grochal şi J. Sochanski (B_{2-2}) analizează posibilitatea utilizării de termocompresoare, transformatoare şi acumulatoare de căldură, pentru care se indică şi o metodă forfetară de apreciere a eficienţei economice.

3. Concluzii şi teme de discuţie

Referentul general consideră necesară discutarea următoarelor probleme :

3.1 Alegerea purtătorului de energie adecvat condiţionează optimarea parametrilor. Trebuie să existe posibilitatea aplicării pe scară mai largă a apei calde şi a utilizării centralelor mari de termoficare. Acoperirea unor cantităţi mici de căldură la parametri foarte înalţi, în condiţii optime, nu este încă rezolvată.

3.2. Este de dorit să se colecteze date cît mai exacte privind necesarul de abur şi apă caldă al diferitelor industrii cu gamele corespunzătoare de parametri. Analiza acestor date va face posibilă determinarea presiunilor de preluare a căldurii, urmărindu-se evitarea unor presiuni nejustificate.

3.3. Posibilitatea şi utilitatea tipizării presiunilor de alimentare a consumatorilor tehnologici şi a contrapresiunilor şi presiunilor la prize a turbinelor.

3.4. Cercetarea tipurilor constructive şi a soluţiilor tehnice ale schimbătoarelor de căldură, ale uscătoarelor şi ale altor dispozitive pentru schimburi de căldură, în vederea aplicării ultimelor progrese în domeniul bazelor schimbului de căldură şi a realizării unor schimbătoare de mare randament.

3.5. Tipizarea mărimilor şi a soluţiilor constructive ale consumatorilor de căldură tehnologici şi ale motoarelor de acţionare cu privire specială la schimbătoarele de căldură.

3.6. Adoptarea unei metode de determinare a efectelor energetice. Se recomandă bilanţul exergetic care, împreună cu bilanţul energetic, permite o apreciere termodinamică justă.

3.7. Analizarea posibilităţilor şi a domeniilor de utilizare a transformatoarelor de căldură, termocompresoarelor şi acumulatoarelor de căldură pentru îmbunătăţirea energetică a industriilor.

Rezumatele unor referate prezentate la cea de-a III-a Conferinţă pentru economia energetică în industrie

— Varşovia, 23—26 sept. 1963 —

Brendel Rudolf. **Utilizarea diferitelor feluri de gaze combustibile la consumatorii industriali** (studiu metodologic). Referatul A_{1-2}, 13 p., 4 tabele. 4 ref. bibl.,

Autorul îşi propune să determine criterii, pe cît posibil cantitative, privitoare la condiţiile în care este economică utilizarea diferitelor feluri de gaze combustibile (gaze de furnal, gaze de generator sau gaz petrolifer) de către consumatorii industriali.

Se analizează metodele de elaborare a datelor necesare. Deoarece valorile acestora sînt adesea deformate, se urmăresc sursele de erori. Erorile reduc valabilitatea indicatorilor.

Se elaborează o formulă pentru determinarea influenţei pe care variaţia producţiei şi a costurilor specifice ale căldurii o are asupra costurilor de producţie. Pentru determinarea formulei este necesară cunoaşterea anumitor grupe de costuri şi anume a costurilor constante, a costurilor variabile, exclusiv cele de energie, şi a costurilor energiei.

Pe baza unor cercetări teoretice şi a datelor experimentale, se determină coeficienţi pentru echivalenţa costurilor, pentru echivalenţa înlocuirii şi pentru variaţia debitului, cu ajutorul cărora este posibilă stabilirea variaţiei costurilor de producţie la înlocuirea purtătorilor de energie primară.

Aplicabilitatea formulei se demonstrează cu exemple din industria metalurgică, a sticlei şi cea ceramică. Rezultatele numerice, calitative şi cantitative, sînt redate în tabele.

Riesner Willi. **Probleme economice ale valorificării căldurii reziduale.** Referatul A_{1-7}, 9 p., 3 fig., 5. ref. bibl.

Se analizează motivele pentru care interesul pentru folosirea căldurii reziduale este redus, cu toate că valorificarea prezintă mari avantaje economice. Situaţia se exemplifică cu date de exploatare. Se insistă asupra problemei posibilităţilor de recuperare a căldurii din aburul de joasă presiune,disponibil în cantităţi mari. Se arată că instalaţiile de recuperare a căldurii reziduale trebuie să fie produse după criterii economice. Problema modului de evaluare a căldurii reziduale folosite este larg tratată. Din comparaţia costurilor de exploatare a diferitelor întreprinderi rezultă că pentru realizarea sistematică a recuperării căldurii reziduale este necesară determinarea, după criterii unitare, a costurilor din toate întreprinderile unei ţări, deoarece beneficiul realizat constituie pîrghia economică pentru întreprinderi. În acest scop se examinează următoarele procedee de evaluare a subproduselor, sub aspectul utilității lor pentru valorificarea căldurii reziduale: metoda substanței pure; calculul numerelor echivalente; stabilirea costurilor pe baza mărimilor de măsurat tehnice; metoda valorii restante.

Analiza arată că metoda valorii restante corespunde cel mai bine particularităților specifice de folosire a căldurii reziduale. Se expune modul de aplicare a acestei metode pentru determinarea costurilor folosirii căldurii reziduale.

Warczewski Zdzislaw. **Sistemele și metodele de calcul ale indicatorilor de consum specific pentru diferiți purtători de energie în industrie.** Referatul A_{1-9}, 9 p., 7 fig., 1 tab.

Un sistem de indicatori aleși corespunzător creează un mod simplu de determinare a producției industriale sub aspectul tehnic și economic. Printre cele cinci grupe principale de indicatori pot fi identificați indicatorii energetici pentru consumul diferiților purtători de energie. Calculul și utilizarea acestor indicatori nu sînt atît de simple cum apar în primul moment. Trebuie ținut seamă de dependența reciprocă a diferitelor feluri de indicatori, precum și de dependența lor de condițiile locale și de procedeele tehnologice. Afară de aceasta, întreaga problemă trebuie privită în ansamblu, deoarece numai pe această bază este posibil să se utilizeze valori comparabile de indicatori definiți univoc. În special, este necesar să se determine în mod exact definiția unor noțiuni ca: obiectul producției, producția, consumul specific de energie, căldura utilă a unui proces tehnologic.

Pornind de la aceste premise, în acest raport se încearcă o sistematizare a indicatorilor de consum specific pentru diferiții purtători de energie folosiți în industrii. În acest scop au fost identificați patru indici de bază raportați la unitatea de timp și patru indici analogi raportați la unitatea de producție.

Analiza problemei în discuție, legată de sistematica și metoda de determinare generală a indicatorilor de consum specific a diferiți purtători de energie, permite formularea unei serii de concluzii. Ea indică, în special, ce trebuie făcut în anumite ramuri ale industriei pentru a ajunge la un sistem comparabil univoc de indicatori energetici.

Beckmann Hans — Joachim. **Indicatori de consum de energie pentru planificarea necesarului de putere la exploatări industriale.** Referatul A_{2-2}, 7 p.

Necesarul de putere electrică reprezintă consumul de energie electrică pe unitatea de timp. Cum pentru realizarea planului de producție este necesară o anumită cantitate de energie electrică, aceasta constituie baza de plecare a planificării necesarului de putere electrică. De aceea se utilizează indicatorii de consum de energie electrică pentru planificarea puterii necesare întreprinderii respective.

Un asemenea indicator poate fi consumul mediu de energie dintr-o zi caracteristică dintr-o perioadă dată (de exemplu un trimestru), fie cantitatea de energie consumată, fie consumul de energie zilnic sau pe un schimb.

Indicele determinant al planificării necesarului de putere în exploatări industriale este diferența dintre acești doi indici. Ea exprimă, de fiecare grupă de consumatori de energie, ce cantitate de energie electrică nu este cerută, în medie, de producția zilnică și este prin urmare disponibilă, așa că, în măsura în care este posibil tehnologic și din punctul de vedere al organizării muncii, consumul de energie electrică poate fi situat prin plan în afara orelor de vîrf. Determinarea puterilor corespunzătoare și a duratei în care acestea nu vor apărea în mod planificat în timpul orelor de vîrf se face cu ajutorul altor doi indici.

Cu această metodă se creează încă de la planificare posibilitățile acoperirii economice a necesarului de putere. Se analizează problemele care apar în special la determinarea indicilor și se arată condițiile rezolvării lor.

Folwarczny Josef. **Controlul proceselor complexe de ardere.** Referatul A_{2-3}, 14 p., 3 ref. bibl.

Procesele de ardere complexe au loc atunci cînd reacția de ardere a combustibilului este însoțită de alte reacții chimice.

Controlul proceselor de ardere complexe se bazează pe analiza elementelor componente ale combustibilului, a materiei prime și a produselor procesului, inclusiv a compoziției volumetrice a produselor gazoase. În asemenea procese are loc trecerea unor elemente, ca hidrogen, oxigen, cărbune, din materia primă în produsele gazoase ale produsului de ardere. Tocmai acest fenomen a fost utilizat în lucrarea de față, pentru determinarea consumului specific de combustibil.

Autorul reduce relațiile de dependență complicate la o formă simplă, folosindu-se de noțiunea „K_{max} — conținutul maxim de bioxid de carbon în gazele de ardere uscate". Această mărime se poate aplica și la alte reacții complexe.

Kwiatkowski Marian, Missala Tadeusz, Szacki Wiktor. **Efectuarea măsurătorilor pentru bilanțul termic, ca metodă de analiză a indicatorilor energetici în industria chimică.** Referatul A_{2-4}, 14. p., 7 fig. 3 tab.

Varietatea structurilor bilanțurilor termice ale proceselor chimice de producție impune sistematizarea de tipuri, după structură. Se propune împărțirea în trei grupe de bilanțuri termice pentru: procesele endotermice, cele exotermice și cele exotermice care cer un aport de energie.

O altă consecință a diversității bilanțurilor termice în chestiune o reprezintă necesitatea generalizării noțiunii de indicator termoenergetic și extinderii aplicării lui la procesele care constituie surse secundare de energie termică.

Lipsa de omogeneitate a bilanțurilor termice din industria chimică, precum și a metodelor de efectuare a măsurătorilor face necesară stabilirea influenței diferitelor părți constitutive ale bilanțului asupra preciziei datelor rezultate din acesta. Se propun criterii în acest scop.

Analiza bilanțurilor termice ale proceselor chimice și a criteriilor de exactitate a măsurătorilor de bilanț tinde să facă din indicatorul termoenergetic un instrument de precizie, cu care să se aprecieze atît nivelul economiei termice cît și nivelul tehnic al instalațiilor de producție.

Lipka Ceslav. **Problema indicatorilor de consum de energie la exploatarea turbocompresoarelor de mină.** Referatul A_{3-5}, 20 p., 6 fig., 2 tab., 11 ref. bibl.

Analiza problemei indicatorilor de consum de energie în industrie se face pe baza datelor privind turbocompresoarele de mină, acționate electric, stabilindu-se mărimile principale, relațiile lor reciproce și caracteristicile de putere și de consum. La analiza modului de stabilire a indicilor se definesc noțiunile și structura lor, în special acelea ale randamentului nominal și ale consumului specific de energie. În ce privește utilizarea indicilor pentru evaluarea consumului de energie, se ia ca bază pentru planificarea și normarea consumului aprecierea calității și stării de funcționare a agregatului, a economicității exploatării lui, precum și consumul viitor. Cu ajutorul unui exemplu numeric se arată rezultatul analizei în cadrul problemei indicatorilor consumului de energie.

Madej Rudolf. **Indicatorul complex de consum specific de energie în industrie.** Referatul A_{3-6}, 6 p., 4 tab.

Se analizează posibilitățile de stabilire a unor indicatori complecși de consum specific de energie pentru procese industriale. Indicatorul complex trebuie să exprime, după părerea autorului, consumul de energie de toate formele, produsă în centrala electrică proprie sau preluată din rețea, convertită în combustibil convențional cu puterea calorică de 7000 kcal/kg și calculat pe unitatea de produs. Indicatorul complex este structurat pe elemente, indicînd energia termică pentru procesele tehnologice și energia mecanică, respectiv electrică. Pentru fiecare formă de energie se iau în considerare, la convertirea în combustibil convențional, randamentele transformării și transportul.

Se indică formula de calcul și se exemplifică utilizarea indicatorului complex al consumului de energie, cu date din industria de celuloză și hîrtie, cu referire la produsele de bază ale acesteia.

Comparația indicatorilor realizați de diferite unități industriale ale aceleiași branșe oferă posibilitatea aprecierii economicității consumului de energie în industrie, precum și intensivitatea energetică a produselor.

Mikulski Jan. **Metoda de comparare a valorilor indicatorilor energeticii în uzine siderurgice și metalurgice.** Referatul A_{3-8}, 5 p., 5 fig., 8 ref., bibl.

Se definesc indicatorii de consum specific de energie în industria siderurgică și metalurgică, și anume indicatorul de consum specific de căldură în furnale Siemens-Martin și consumul specific de energie electrică în laminoare. Se analizează factorii care îi determină și se arată exigențele ce trebuie îndeplinite pentru a asigura comparabilitatea valorilor. Expunerea este bazată pe măsurători și calcule și este însoțită de nomograme.

Schaefer Helmut. **Contribuție la definirea indicatorilor de utilizare a energiei consumate.** Referatul A_{3-10}, 9 p., 2 fig., 2 ref. bibl.

Importanța crescîndă a energeticii în cadrul economiei naționale cere sporirea cunoștințelor privitoare la modul de utilizare a energiei. În acest scop este necesar să se determine indicatori care aigură definirea cifrică exactă a situației existente, sesizarea variațiilor randamentelor de transformare a energiei și furnizarea de date asupra evoluției viitoare.

Diversitatea posibilităților tehnice și particularitățile unui „coeficient de eficacitate", care reprezintă raportul între energia utilizabilă și energia totală consumată, fac ca indicatorul de utilizare ca atare să nu caracterizeze, decît în rare cazuri, randamentul procesului energetic. Este necesar să se mai introducă alți indicatori suplimentari. Calcularea acestor indicatori, precum și determinarea și definirea energiei utilizabile pentru diferitele procese trebuie să se facă cifric, în condiții cît mai simple. Indicatorii pentru care nu se pot fixa valori numerice decît în cazuri particulare sînt lipsiți de valoare, chiar dacă fundamentarea lor teoretică este convingătoare.

La o anumită instalație, indicatorul de utilizare a energiei va fi dependent aproape totdeauna de regimul de lucru în funcție de timp și de volumul producției. Trebuie să se facă distincție între indicatorul de utilizare tehnică pentru perioadele principale de lucru și indicatorul general de utilizare în exploatare, care include opririle, timpul de demarare etc.

Pe baza definițiilor generale se deduc indicatorii de utilizare a energiei, separat pentru procesele care permit să se stabilească precis și să se determine teoretic energia utilizabilă și pentru procesele la care teoretic aceasta nu se poate determina. Pentru procesele tehnologice din prima grupă se folosește energia utilizabilă pentru stabilirea indicatorului de utilizare, iar pentru cele din grupa a doua se determină valori comparative convenabile, corespunzătoare scopurilor producției respective.

Szargut Jan. **Indicatorii economiei de combustibil realizați prin utilizarea gazelor de ardere pentru preîncălzirea substratelor de ardere la cazane industriale.** Referatul A_{3-13}, 14 p., 10 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

Autorul arată că indicatorul economiei relative de combustibil, care arată avantajul utilizării gazelor de ardere pentru preîncălzirea substratelor de ardere, nu este suficient pentru exprimarea întregului efect util al recuperării de căldură. Pentru acest motiv se introduc alți doi indicatori : gradul de utilizare a combustibilului, care exprimă randamentul termic maxim al cuptorului, realizabil cu combustibilul dat, la gradul dat de preîncălzire a substratelor, și factorul de multiplicare a combustibilului economisit, care redă raportul dintre combustibilul economisit și cantitatea de căldură recuperată. Acest indicator este, de regulă, supraunitar.

Se arată formulele cu care se determină acești indicatori în diferite alternative de exploatare în ipoteza menținerii unei temperaturi de ardere constante.

Pe lîngă acestea, se propune introducerea unui alt indicator tehnico-economic, denumit al efectului economic relativ, care să exprime raportul dintre reducerea costurilor de combustibil realizată prin recuperare, față de costurile în cazul cuptorului lucrînd fără preîncălzirea substratelor.

Se anexează diagrame pentru reprezentarea indicatorilor tehnico-economici pentru cîțiva combustibili gazoși uzuali.

Wielew Dimitr. **Metode de determinare a indicatorilor de consum specific de energie în industria sticlei.** Referatul A_{3-14}, 9 p., 2 fig., 4 tab., 13 ref. bibl.

Se analizează indicatorii de consum specific de energie pentru diferitele tipuri de cuptoare utilizate în industria sticlei. Pentru pierderile secundare de căldură, în afara cuptorului, se propune stabilirea unor indicatori separați de consum specific, care, împreună cu primii, să constituie indicatorii de consum specific de energie pentru întregul proces tehnologic. În acest scop se supune discuției convertirea în căldură a întregii energii consumate.

Chojecki Zdzislaw. **Rolul acumulatoarelor de căldură în energetica industrială.** Referatul B_{1-3}, 18 p., 2 fig., 8 tab., 12 ref. bibl.

Unul din mijloacele principale de îmbunătățire a economiei termice în industrie este introducerea pe scară largă a acumulatoarelor de abur neizobarice de tipul Ruths. Acestea asigură compensarea vîrfurilor de sarcină termică, contribuind prin aceasta la evitarea instalării unor cazane de vîrf suplimentare și la raționalizarea utilizării energiei termice în acele industrii.

Exemplele citate în referat privind aplicarea acumulatorului de abur Ruths arată efectele tehnico-economice ale utilizării maxime a energiei termice în industria alimentară, de celuloză și hîrtie, în siderurgie și în centrale de termoficare.

Referatul propune o standardizare a acumulatoarelor de abur Ruths în R.P. Polonă, arătînd avantajele ce le-ar aduce

Erdelyi Istvan. **Presiunea din rețelele de termoficare și problemele energeticii industriale.** Referatul B_{1-5}, 5 p., 1 diagramă.

În temele de proiectare pentru alimentarea cu căldură, consumatorii obișnuiesc să prescrie presiunea aburului, cu toate că tehnologia lor nu impune de obicei presiunea, ci temperatura. Se consideră că ar fi mai indicat să se indice, în locul presiunii aburului, temperatura.

Presiunea din rețea trebuie să corespundă, în fiecare sistem de termoficare, presiunii maxime cerute de consumatori. Rentează, de aceea, să se dimensioneze fără economie suprafața de încălzire la acești consumatori principali, pentru ca să se poată reduce presiunea de rețea.

La o eventuală tipizare se vor putea prevedea aparatele cu două feluri de suprafețe de încălzit : suprafețe mai mari pentru consumatorii principali și suprafețe mai reduse pentru ceilalți consumatori.

Tipizarea turbinelor are și dezavantaje. De aceea ar fi mai bine ca în locul utilizării unor turbine tipizate propriu-zise să se folosească turbine unicate rezultate din subansamble pe cît posibil tipizate. În acest caz, turbinele sînt livrabile în termene mai scurte și pot fi adaptate mai bine condițiilor de presiune.

Mira Janos. **Limita inferioară a eficienței economice a producției combinate de energie electrică și căldură în centrale cu contrapresiune.** Referatul B_{1-9}, 12 p., 10 ref. bibl.

După o expunere a stadiului de dezvoltare a termoficării, se analizează criteriile calculelor economice de alegere a soluțiilor optime din punctul de vedere al economiei naționale. Pentru compararea soluțiilor alternative cu regim de termoficare sau cu producție separată de energie electrică și de căldură, se propune o formulă pentru determinarea limitei inferioare a eficienței economice a termoficării, în care se iau în considerare : costurile specifice de investiții, costurile de exploatare, gradul de utilizare a instalațiilor, timpul-limită de recuperare a investiției și coeficientul energetic (raportul kWh/Gcal). Cu ajutorul acestei formule se poate deduce, pe baza analizei comune a mai multor indicatori parțiali de economicitate, eficiența economică a termoficării într-un caz dat.

Ullmann Wolfgang. **Considerații termodinamice și economice la instalații combinate de turbine cu gaze și cu abur.** Referatul B_{1-13}, 6 p., 3 fig., 7 ref. bibl.

Limitele creșterii randamentului turbinelor cu abur se îngustează, din motive economice, în raport invers cu puterea unitară a grupurilor.

Utilizarea schemelor combinate de turbine cu gaze şi cu abur promite însă, şi pentru instalaţii mici, randamente mai bune decît fiecare din aceste scheme simple, luate separat. Se exemplifică procedeul de cuplare a unei turbine de aer, înaintea turbinei cu abur, şi se analizează posibilităţile tehnice de realizare. Pentru o centrală pe cărbuni bruni existentă în R.D.G., calculele îmbunătăţirilor posibile au fost făcute luînd în considerare schema combinată abur-gaze. Cu toată marja redusă de beneficiu, costurile sporite de investiţii s-ar amortiza în zece ani. Pe baza formulei randamentului schemelor combinate, se arată relaţiile funcţionale ale diferitelor mărimi.

Grochal Marian şi Sochanski Jan. **Problemele alegerii parametrilor aburului utilizat la procese tehnologice pe baza calculului economic.** Referatul B_{2-2}, 30 p., 7 fig.

Se justifică necesitatea optimizării şi verificării parametrilor aburului utilizat la procese tehnologice. Se arată posibilitatea realizării de rezultate economice importante prin producerea de cantităţi suplimentare de energie şi reducerea costurilor de producţie. Consideraţiile sînt bazate pe analiza situaţiei existente în domeniul parametrilor aburului utilizat în industrie. Analiza arată existenţa unei diversităţi exagerate şi neîntemeiate a parametrilor. Se manifestă şi tendinţa de ridicare nejustificată a parametrilor.

Se expun criteriile de calculare şi de alegere a parametrilor optimi, justificaţi economic, pentru consumatorii tehnologici de abur, pe baza temperaturii optime în instalaţia receptoare, şi se demonstrează metoda exergetică de calcul al parametrilor optimi.

Se arată influenţa parametrilor aburului asupra mărimii suprafeţei de încălzire, calitatea materialelor de construcţie şi grosimea peretelui schimbătoarelor de căldură, precum şi influenţa proprietăţilor agentului termic şi a caracteristicilor procesului tehnologic asupra alegerii parametrilor aburului. Se analizează şi problema aplicării unor termocompresoare şi transformatoare de căldură în vederea ajustării parametrilor aburului la receptoare.

În concluzie se arată că unificarea presiunilor constituie primul pas spre standardizarea receptoarelor de căldură şi se fac propuneri pentru scara de presiuni.

Hildebrand Helmuth. **Criterii energetice la standardizarea acţionărilor electrice.** Referatul B_{2-3}, 12 p., 3 fig., 4 tab.

Pe baza unor exemple practice de standardizare a motoarelor de acţionare şi a maşinilor acţionate de ele, se dovedeşte că avantajele standardizării, variate şi multiple, pentru economia naţională, se pierd pentru faptul că:

1. seriile standard ale celor două agregate cuplate nu sînt acordate în ceea ce priveşte puterea nominală a motorului de acţionare şi a sarcinii preluate de maşina acţionată;
2. din aceasta rezultă dezavantaje pentru unitatea de producţie şi pentru reţeaua electrică, exprimată prin indicii reduşi ai utilizării capacităţii şi factorul de putere scăzut;
3. acest dezavantaj este întărit de tendinţa exagerată după „siguranţă" a tehnologilor şi a şefilor de producţie;
4. dezavantajul este mărit prin investiţiile necesare pentru plusul de putere instalată şi pentru compensarea plusului de energie **reactivă.**

Cu ajutorul unor exemplificări concrete se aduce dovada că indicatorii de consum specific de energie electrică şi norma de consum de energie electrică nu constituie criterii suficiente de confirmare a utilizării economice a energiei, ci trebuie completaţi cu alţi indicatori, şi anume cu indicatorii utilizării capacităţii de producţie sau ai consumului specific valoric, luîndu-se în special în considerare costul compensării necesare a energiei reactive şi a consumului mare de energie reactivă.

Korasiewicz Jan. **Parametrii energiei termice destinate receptorilor tehnologici ai industriei textile.** Referatul B_{2-4}, 8 p., 10 fig., 1 tab.

Se expun diferitele procese tehnologice consumatoare de energie termică în industria textilă şi modul de acoperire a necesarului de energie. Faţă de tendinţa de centralizare a producerii de energie termică, provocată de considerente economice, creşte importanţa normării parametrilor şi a purtătorilor acestei energii.

Se consideră că industria textilă ar putea să devină, în mai mare măsură ca pînă acum, un consumator de energie termică produsă în regim de termoficare, prin limitarea la parametrii disponibili în acele sisteme.

În acest scop se recomandă analizarea posibilităţilor de înlocuire a aburului utilizat pînă acum aproape exclusiv atît pentru căldură cît şi pentru scopuri tehnologice, prin apă caldă. Pentru uzine depărtate de centralele de termoficare sau pentru acoperirea unor cantităţi mici de abur la parametri mai înalţi, trebuie să se analizeze justificarea unor centrale termice proprii. Acumularea căldurii la vîrfurile de sarcină poate contribui la mărirea eficienţei economice. La procesele de finisaj trebuie să se analizeze cauzele creşterii consumului de energie electrică o dată cu descreşterea consumului de căldură, fenomen care influenţează negativ economicitatea sistemelor de termoficare la care sînt racordate acele uzine.

Laszkiewicz Ludwik. **Alegerea parametrilor termici pentru receptorii din industria celulozei şi hîrtiei.** Referatul B_{2-5}, 12 p., 3 tab.

Se descriu procesele tehnologice pentru consumatorii de energie termică din fabricile de celuloză şi hîrtie. Se indică parametrii aburului utilizat şi se analizează condiţiile în care sînt realizabile reduceri ale parametrilor în vederea obţinerii unor avantaje energetice. Faţă de gama de parametri necesari şi dificultatea de a o obţine din prizele reglabile ale turbinelor, se consideră că presiunile reduse urmează să fie preluate din maşini de abur.

Ocheduszko Stanislaw. **Evaluarea termodinamică a transmiţătoarelor (schimbătoarelor) de căldură.** Referatul B_{2-6}, 7 p., 4 fig.

Autorul analizează din punct de vedere teoretic transmiţătoarele de căldură (numite, după părerea sa, în mod impropriu schimbătoare de căldură). În acest scop indică legile curgerii căldurii şi materiei. Din calcule rezultă că un transmiţător termic în contracurent ar acţiona în mod reversibil numai la scurgerea fără frecare a două lichide cu capacitate termică identică şi coeficient de penetraţie infinit de mare. Un asemenea transmiţător de căldură ar putea fi considerat ca perfect.

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia: „IPROMIN" Bucureşti, Calea Victoriei nr 109, Raionul 30Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN" — Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „INFORMAŢIA", Bucureşti c. 5502.

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr 560/11967/1962

41 401

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVT ÉS DOKUMENTÁCIÓS K 1963

СОДЕРЖАНИЕ

Номер посвещённый III Конференции
по промышленной энергетике

III Конференция по промышленной энергетике в Варшаве 23—26 сентября 1963 г.

Energetica 12 (1964), № 2, стр. 65—68

DK 66.012.3

Gayraud, J., *Moldoveanu, N.* и *Nagy, C.* : **Описание когерентной системы показателей удельных энергетических расходов**

Energetica 12 (1964), № 2, стр. 68—77

DK 66.012.3

Caracudovici, V. и *Dorfman, E.* : **К вопросу нормирования удельных энергетических расходов в случае негомогенной выработки**

Разбирается ряд вопросов, возникающих в связи с нормированием специфического расхода энергии в случае процессов с негомогенной продукцией, а также возможности их практического разрешения в Румынии.

Energetica 12 (1964), № 2, стр. 78–81

DK 66.012.3

Marcu, B., *Mihail, E.*, *Palade, I.* и *Donos, A.* : **Компенсация максимальных нагрузок в цементной промышленности**

Показаны методы компенсации максимальной нагрузки в цементной промышленности, работа цементных заводов в часы максимальной нагрузки, осуществляемая до настоящего времени в Румынии, и анализируется положение на одном из заводов, сократившем на 50 % максимальную потребляемую мощность в вечерние часы наибольшей нагрузки.

Energetica 12 (1964), № 2, стр. 82–87

DK 621.181

Pănoiu, N., *Singer, G.*, *Carabogdan, I.*, *Crăciuneanu, C.* и *Schwartz, M.* : **Современное положение в Румынии в области промышленных котлов для сжигания низкокачественного топлива и ряда промышленных отходов.**

Разбирается вопрос и проводится сравнительное сопоставление различных конструкций котлов для сжигания низкокачественного угля, послойно или в форме штыба, а также паровых котклов для сжигания некоторых промышленных отходов (опилки, щепа, доменный газ, лузга подсолнуха).

Energetica 12 (1964), № 2, стр. 88 – 96

DK 621.6.02 :62.51

Pimsner, V. : **Энергетические проблемы обеспечения де бита природного газа, необходимого для промышленных потребителей**

Анализируется возможность удовлетворения дебитов природного газа, необходимых промышленным потребителям, находящимся в стадии неуклонного развития. Установлено, что монтаж на трассе магистрального трубопровода турбокомпрессорного агрегата у одного из местных потребителей, ведет к повышению транспортируемого дебита и в известных условиях может явиться наиболее выгодным технико-экономическим решением.

Energetica 12 (1964), № 2, стр. 97 – 101

DK 621.181.001.1

Antonescu, N. : **Работа малоинерционных термических котлов в промышленной и энергетической эксплуатации**

Energetica 12 '1964), № 2, стр. 102 – 106

Резюме общих сообщений по отдельным проблемам представленых на III Конференций по промышленной энергетике

Energetica 12 (1964), №. 2, стр. 113 – 116

Резюме некоторых сообщений представленых на III Конференций по промышленной энергетике

Energetica 12 (1964), №. 2, стр. 113 – 116

INHALTSVERZEICHNIS

Die dritte Tagung für industrielle Energiewirtschaft
— Warschau 1963

Die dritte Konferenz für industrielle Energiewirtschaft, Warschau, September 1963

Energetica 12 (1964), H 2, S. 65 – 68.

DK 66.102.3

Gayraud, J., *Moldoveanu, N.* und *Nagy, C.* : **Darstellung eines kohärenten Systems von Indizes für den spezifischen Energieverbrauch**

Die Verfasser schlagen, auf Grund an anderer Stelle dargelegter Grundsätze, ein rationales System von Kennziffern des spezifischen Energieverbrauchs vor, welche den Erfordernissen der Praxis in Bezug auf Energieformen und-träger, Bereiche das Energieverbrauchs (Prozesse, Betrieb, Wirtschaftszweig), Wirtschaftlichkeitsberechnungen dienen sollen.

Energetica 12 (1964) H. 2, S. 68 – 77

DK 66.012.3

Caracudovici, V. und *Dorfman, E.* **Beitrag zur Normung des spezifischen Energieverbrauchs bei nicht homogener Erzeugung**

Es werden einige bei Normung des spezifischen Energieverbrauchs im Falle nicht homogener Erzeugungsprozesse auftretenden Fragen, sowie die für ihre Lösung in Rumänien in Betracht gezogenen Wege erörtert.

Energetice 12 (1964), H. 2, S.78—81

SK 66.012.3

Marcu, B., *Mihail, E.*, *Palade, I.* und *Donos, A.* : **Ausgleich von Lastspitzen in der Zementindustrie**

Es werden in der Zementindustrie angewendeten Verfahren für Ausgleich von Belastungsspitzen und die bisher in Rumänien übliche Betriebsweise der Zemmentwerke in den Spitzenstunden erörtert. Sodann wird die Lage einer Zementfabrik untersucht, in der in den Stunden der Abendspitze die höchste dem Netz entnommene Leistung um 50% herabgesetzt wurde.

Energetica 12 (1964), H. 2, S. 82 – 87

DK 621.181

Pănoiu, N., *Singer, G.*, *Carabogdan, I.*, *Crăciuneanu, C.* und *Schwartz, M.* : **Gegenwärtiger Stand der Entwicklung in Rumänien von industriekesseln für Verfeuerung minderwertiger Brennstoffe und Industrieabfälle**

Es werden die Dampfkesselbautypen für Verbrennung minderwertiger Kohlen in Bett- oder Staubfeuerung sowie von Industrieabfällen (Sägemehl, Holzabfälle, Hochofengas, Sonnenblumenkernschlalen) dargestellt und verglichen.

Energetica 12 (1964), H. 2, S. 88 – 96

DK 621.6.02 :62.51

Pimsner, V. : **Energiewirtschaftliche Fragen der Gewährleistung von industriellen Verbrauchern benötiger Gasmengen**

Es wird die Möglichkeit untersucht, die von den in dauernder Entwicklung begriffenen industriellen Verbrauchern benötigten Erdgasmengen zur Verfügung zu stellen. Dabei wird festgestellt, dass der Einbau eines Turbokompressors bei einem auf der Hauptleitung gelegenen örtlichen Verbraucher die beförderte Menge vergrössert und unter bestimmten Bedingungen die technische und wirtschaftlich günstigste Lösung darstellen kann.

Energetica 12 (1964), H. 2, S. 97 – 101

DK 621.181.004.1

Antonescu N. : **Fahren von Kesseln geringer thermischer Trägheit in Industrie-und Kraftwerksbetrieb**

Energetica 12 (1964), H. 2, S. 102 – 106

Die Generalreferate für die Fragengruppen der 3. Tagung für industrielle Energiewirtschaft (im gekürzter Fassung)

Energetica 12 (1964), H. 2, S. 107—113

Zusammenfassung einiger der 3. Tagung für industrielle Energiewirtschaft vorgelegten Referate

Energetica 12 (1964), H. 2, S. 113—116

SOMMAIRE

Numéro dédié à la III-ème Conférence d'énergétique industrielle — Varsovie 1963

La troisième Conférence d'énergétique industrielle — Varsovie, 23—26 septembre, 1963

Energetica 12(1964), nr. 2, p. 65—68.

CD 66.012.3

Gayraud, J., *Moldoveanu, N.* et *Nagy, C.* : **Un système cohérent d'indices de consommation spécifique d'énergie**

Les auteurs proposent, basés sur des principes traités dans un autre article, un système rationel d'indices de consommation spécifique d'énergie, applicables dans des bûts pratiques concernant la consommation d'énergie de toute forme et à tous les niveaux (procès technologiques, usines et secteurs de l'économie nationale), la planification et la calculation de l'éfficacité économique.

Energetica 12 (1964), nr. 2, p. 68—77.

CD 66.012.3

Caracudovici, V. et *Dorfman, E.* : **Contributions à la détermination des indices de consommation spécifique d'énergie dans les cas des usines à production hétérogène**

Les auteurs étudient quelques aspects posés par la détermination des indices de consommation spécifique d'énergie en cas de production hétérogène et le mode d'obtenir une solution pratique en Roumanie.

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 78—81.

CD 66.012.3

Marcu, B., *Mihail, E.*, *Palade, I.* et *Donos. A.* : **Compensation de la pointe de charge dans l'industrie du ciment**

L'article expose les méthodes de compensation de la pointe de charge dans l'industrie du ciment et le mode de fonctionnement adopté jusqu'à présent en Roumanie par les fabriques de ciment aux heures de pointe. On examine la situation d'une fabrique qui a réduit 50% de la puissance maximale absorbée pendant les heures de pointe du soir.

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 82—87.

CD 621.181

Pănoiu, N., *Singer, C.*, *Carabogdan, I.*, *Crăciuneanu, C.* et *Schwartz, M.* : **Le stade actuel de développement en Roumanie des chaudières industrielles pour la combustion de combustibles inférieurs et de quelques déchets industriels**

L'article examine et compare les types de chaudières à vapeurs pour la combustion des charbons inférieurs, en couche ou pulvérisés, ainsi que pour quelques déchets industriels (sciure, déchets de bois, gaz de haut fourneau, l'écorce de grains de tournesol).

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 88—96.

CD 621.6.02 :62.51

Pimsner, V. : **Problèmes énergétiques pour assurer les débits des gaz naturels nécéssaires aux consommateurs industriels**

L'auteur examine la possibilité de satisfaire les débits des gaz naturels nécéssaires aux consommateurs industriels, qui sont en continuel développement. Il constate que le montage d'un groupe turbo-comprésseur sur la conduite magistrale, pour un consommateur local, conduit à l'augmentation du débit transporté et dans certaines conditions peut constituer la solution technique et économique la plus avantageuse.

Energetica 12 (19t4), no. 2, p. 97—101

CD 621.181.004.1

Antonescu, N.: **Le fonctionnement des chaudières à inertie thérmique réduite dans l'exploitation industrielle et énergétique**

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 102—106

Résumés des rapports généraux par groupes de problèmes, présentés à la III-ème Conference d'énergétique industrielle

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 107—113.

Résumés de quelques communications présentées à la III-ème Conference d'énergétique industrielle

Energetica 12 (1964), no. 2. p. 113—116.

CONTENTS

Issue dedicated to the third Conference for Industrial Energetics — Warsaw 1963

The third Conference for Industrial Energetics — Warsaw 23—26 September, 1963

Energetica 12 (1964) no. 2.p. 65—68

DC 66.012.3

Gayraud, J., *Moldoveanu, N.* and *Nagy, C.* : **A coherent system of specific power consumption indices**

The authors propose, on the ground of principles exposed in another place, a rational system of indicators of specific energy consumption, applicable for all practic purposes, as energy consumption in all forms and at all levels (technologic processes, factories, branches of the national economy), planning and computation of economic efficiency.

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 68—77

DC 66.012.3

Caracudovici, V. and *Dorfman, E.* : **Contributions to the normalization of specific power consumption in case of non-homogenous productions**

Some aspects raised by the normalization of specific power consumption in case of non-homogenous production and the way to obtain a practical solution in Rumania, are discussed in this article.

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 78—81.

DC 66.012.3

Marcu, B., *Mihail, E.*, *Palade, I.* and *Donos, A.* : **Compensation of peak loads in the cement industry**

The methods for the compensation of peak loads in the cement industry and for the operation of cement factories at peak hours, methods applied until now in Rumania, are shown by this paper, where the authors discuss also the situation in a cement factory which diminished by 50% the maximum power input, during the evening peak hours.

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 82—87.

DC 621.181

Pănoiu, N., *Singer, G.*, *Carabogdan, I.*, *Crăciuneanu, C.* and *Schwartz, M.* : **Actual stage in Rumania of industrial boilers burning low-grade fuels and industrial wastes**

The authors investigate and compare some types of steam boilers burning low-grade coals, in layers or pulverized, and industrial wastes (wood waste, sawdust, blast furnace gas, sunflower seed husks).

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 88—96.

DC 621.6.02 :62.51

Pimsner, V. : **Power problems when ensuring the necessary natural gas flow to industrial consumers**

The author analyses how can be met the demands for natural gas made by industrial consumers, which are ceaselessly progressing. By mounting a turbo-compressor unit, at a local consumer, on the lay-out of the main pipe-line, the transported gas flow increases and thus, in certain conditions, may be reached the most favourable technical and economical solution.

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 97—101.

DC 621.181.004.1

Antonescu, N. : **The operation of boilers with low thermal inertia in industrial and power exploitations**

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 102—106.

Summerized general reports grouped under main headings, presented to the third Conference for industrial energetics

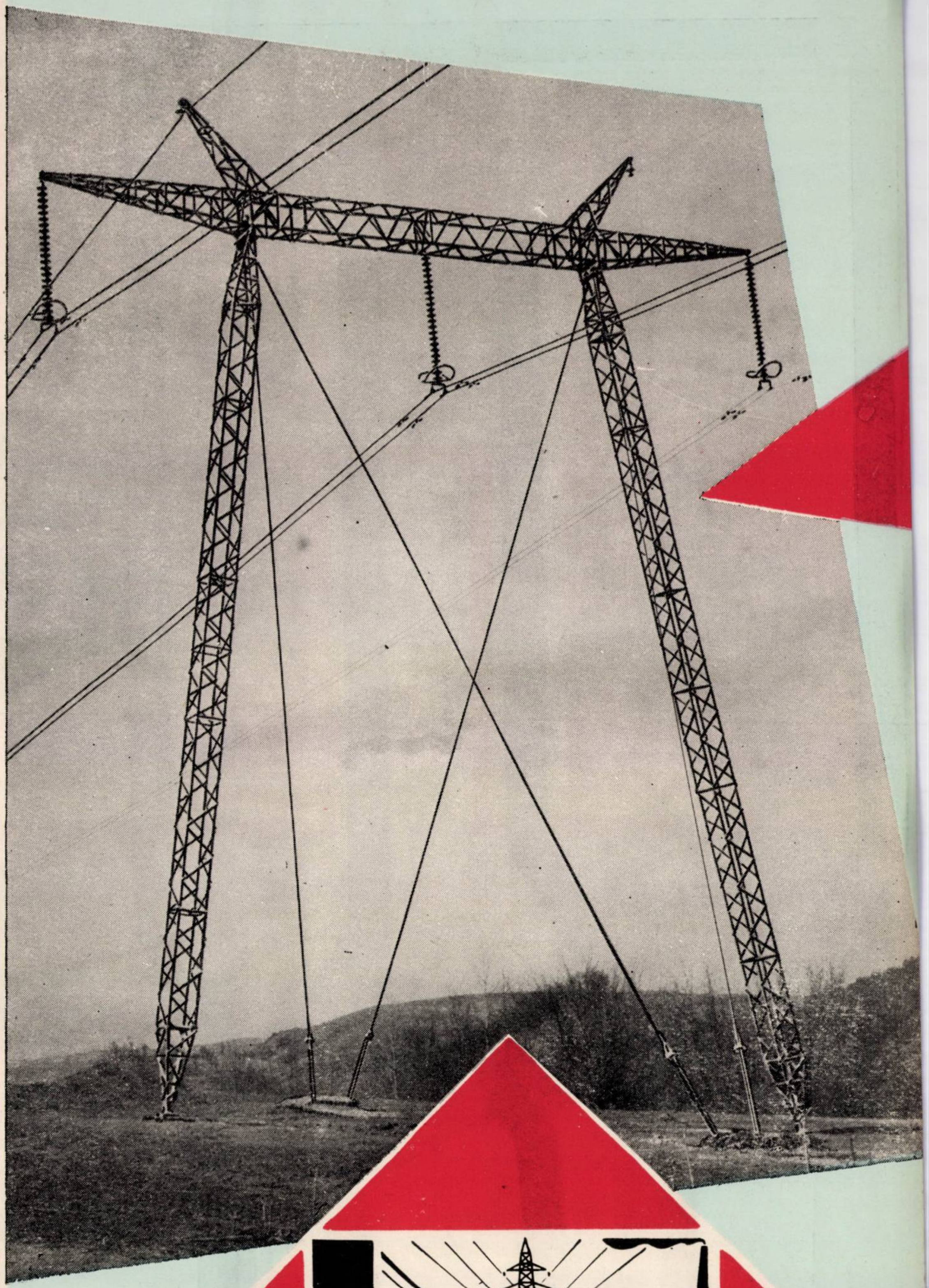
Energetica 12 (1964), no. 2, p. 107—113

Summarys of some papers presented to the third Conference for industrial energetics

Energetica 12 (1964), no. 2, p. 107—113.

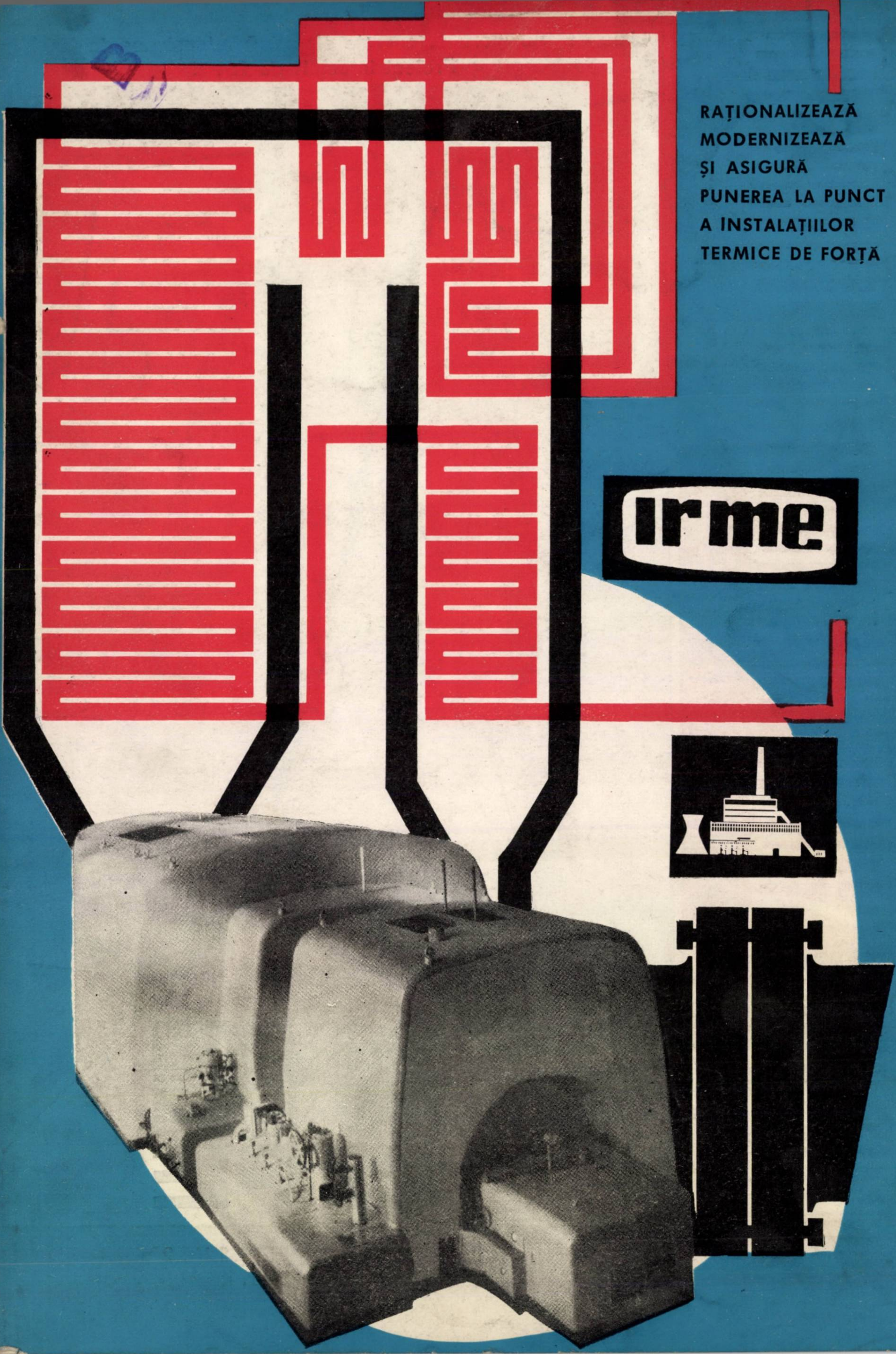
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE

Linie de transport de energie electrică la tensiunea de 400 kV
Proiect întocmit de ISPE



ISPE

BUCUREŞTI, Bd. REPUBLICII Nr. 29
Tel. 158960

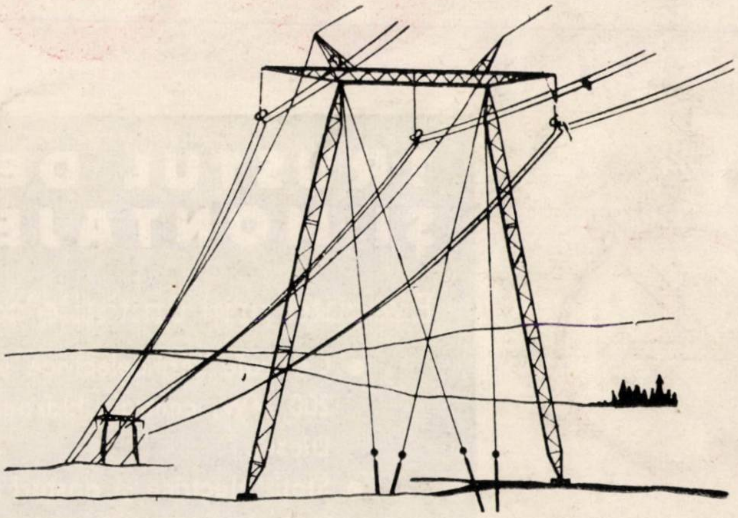

RAȚIONALIZEAZĂ
MODERNIZEAZĂ
ȘI ASIGURĂ
PUNEREA LA PUNCT
A INSTALAȚIILOR
TERMICE DE FORȚĂ
irme

E 2039

R REFERÁLVA

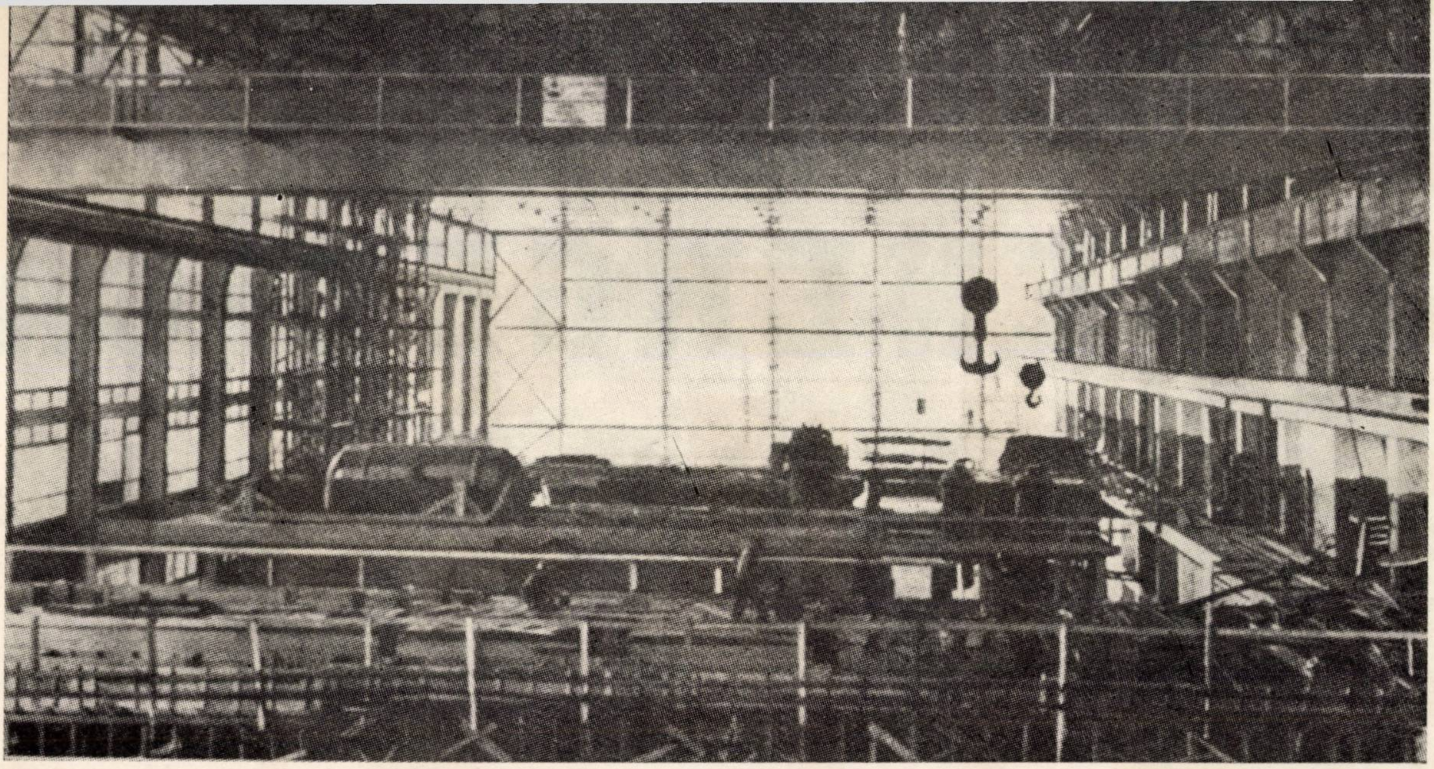
ENERGETICA

VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 3 ★ ENERGETICA



3

BUCUREȘTI ★ MARTIE ★ 1964



T C M E

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unităţile sale de construcţii şi montaj:

- Centrale termoelectrice şi de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Staţii electrice şi posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuţie.
- Electrificări rurale

Produce prin unităţile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionaţi.
- Celule şi panouri pentru centrale şi staţii electrice.
- Posturi de transformare urbane şi rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, staţii, posturi de transformare şi linii electrice de transport şi distribuţie.

BUCUREŞTI, CALEA MOŞILOR 158 — TELEFON 16.63 30

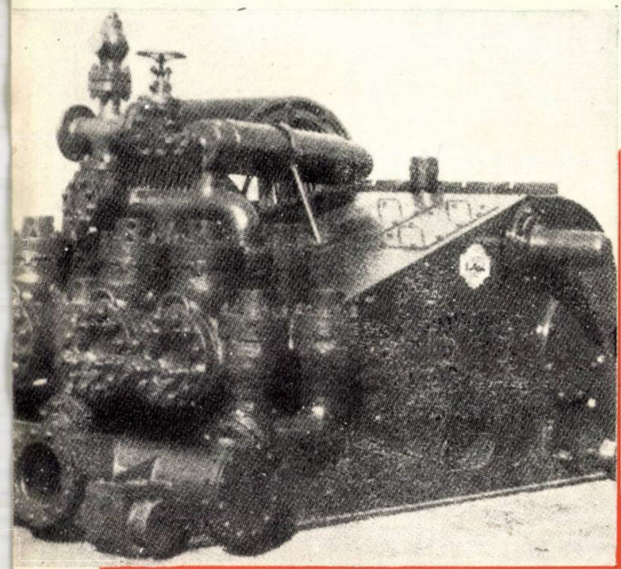
E 2039

IMCE

ÎNTREPRINDEREA DE MONTAJE CENTRALE ELECTRICE

aplică cele mai moderne procedee tehnologice în lucrări de montaj:

- Cazane de abur de parametri înalți
- Turbine cu abur și hidro de mari puteri
- Motoare Diesel și compresoare
- Instalații electrice de foarte înaltă tensiune



POMPA TRIPLEX $7^1/_4$" x 12" TIP 3PN—465M

- Instalații de foraj tip 4LD—150B
- Instalații de foraj tip 2DH—75A
- Turbine de foraj (simple și duble)
- Prevenitoare de erupție:
  - — cu acționare normală
  - — cu acționare hidraulică
- Agregate de cimentare tip TA—300M și AC—400M
- Sape cu role și lame

UTILAJE
PETROLIERE
DE
CEA MAI
BUNĂ
CALITATE
FABRICATE
ȘI LIVRATE
DE
UZINA

„1 MAI" PLOIEȘTI

INSTALAȚIE DE FORAJ TIP 2DH—75A
PENTRU ADÎNCIMI PÎNĂ LA 2000 m

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 3 MARTIE 1964

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Cuprins

Korneicev, A. I. **Utilizarea puterii adiţionale a CET pentru acoperirea vîrfului de sarcină** 97–99

Dinulescu, C. **Tipuri noi de arzătoare pentru arderea raţională a gazelor naturale şi a păcurii în cazanele de abur** 100–103

Ciuciuc, A. **Rezultate obţinute la măcinarea lignitilor cu moara-ventilator construită la CTE Doiceşti** 103–107

Semlyen, A. **Modelul de reţea de curent alternativ al Facultăţii de electrotehnică din Timişoara** 108–116

Filitti, D. **Metode noi în montajul centralelor electrice** 117–121

Negreanu, C. **Normativ şi nomograme pentru calculul mecanic al conductoarelor [flexibile în staţiile de transformare exterioare** 121–130

DIN EXPLOATARE

Krauss, H. **Spălarea acidă a cazanelor mari** 131–134

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Adămuţ, I. şi Petcu, M. **Contaminarea izolaţiei** 135–138

ENERGETICA PESTE HOTARE

Măcriş, A. **Mecanizarea construcţiilor liniilor aeriene de energie electrică în U.R.S.S.** 139–140

DOCUMENTARE 141–144

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

COMUNICARE

CONFERINȚA INTERNAȚIONALĂ
a Marilor Rețele Electrice (CIGRE)

CONFERINȚA INTERNAȚIONALĂ A MARILOR REȚELE ELECTRICE, *cunoscută sub denumirea prescurtată CIGRE, își va ține viitoarea sesiune, a 20-a, între 1—10 iunie 1964, la Paris, ca de obicei.*

În cursul lucrărilor acestei sesiuni, la care se vor prezenta 131 rapoarte, se vor studia problemele pe care le tratează pe plan internațional CIGRE, adică tot ceea ce se referă la producția, transformarea și distribuția energiei electrice de înaltă tensiune.

Acest studiu se va referi în principal la problemele legate de alternatoare, transformatoare, întrerupătoare, linii aeriene, pilonii și masivele de fundații, izolatoare, cabluri subterane și sub apă, concepția și funcționarea rețelelor, protecția și releele, supratensiunile și trăsnetul și, în sfîrșit, transmiterea energiei electrice la transformatoare de înaltă tensiune prin curent alternativ și la transformatoare de înaltă tensiune prin curent continuu.

În cursul sesiunii precedente, care a avut loc în 1962, au fost prezenți 1945 ingineri din 50 de țări. Nu încape îndoială că sesiunea din acest an va prezenta același viu interes ca și celelalte. Ea va continua să analizeze activitatea desfășurată, analiză pe care o face la fiecare doi ani și care prezintă un interes deosebit.

Participarea țării noastre la sesiune se face prin intermediul Comitetului Național Romîn al CIGRE, care funcționează la adresa:

CNIT — Aleea Alexandru nr. 33
Raionul 30 Decembrie
București
cu mențiunea:
pentru Comitetul Național Romîn
CIGRE.

Au apărut:

- „MONTAREA, EXPLOATAREA ȘI ÎNCERCAREA DESCĂRCĂTOARELOR CU REZISTENȚĂ VARIABILĂ" — prima lucrare din seria „Generalizarea experienței de exploatare"
- „LUCRĂRI I.R.M.E." — buletin informativ pe anul 1962

EDITATE DE

ÎNTREPRINDEREA PENTRU RAȚIONALIZAREA ȘI MODERNIZAREA INSTALAȚIILOR ENERGETICE

ENERGETICA

ANUL 12
1964
Nr. 3
MARTIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Utilizarea puterii adiţionale a CET pentru acoperirea vîrfului de sarcină electrică

Ing. **A. I. KORNEICEV**
Institutul de energetică din Moscova

Dezvoltarea sistemelor energetice pune tot mai insistent problema alegerii celui mai economic procedeu de acoperire a vîrfului de sarcină electrică în sisteme energetice, deoarece creşte mărimea procentuală a „golului" din diagramele zilnice de sarcină. Deosebit de importantă este alegerea celei mai adecvate soluţii de acoperire a vîrfului de sarcină electrică în sistemele energetice în care există deficit de putere. Problema acoperirii vîrfului de sarcină electrică a fost examinată în mai multe lucrări [1], însă nu se poate considera integral rezolvată.

Pînă în ultimul timp, asigurarea rezervei şi acoperirea vîrfului de sarcină în sistemul energetic, o dată cu dezvoltarea acestuia, s-au realizat, în măsura posibilă, prin trecerea agregatelor vechi şi neeconomice în regim de funcţionare pentru acoperirea vîrfului de sarcină.

La ritmurile actuale de dezvoltare a sistemelor energetice, este necesară funcţionarea cu sarcini variabile şi a unor centrale termoelectrice economice.

Trebuie remarcat că unele centrale electrice învechite ca posibilităţi tehnice nu pot funcţiona cu sarcini variabile periodice şi ca urmare funcţionează la baza diagramei de sarcină. Din această cauză sînt frecvente cazurile în care grupurile cu parametri ridicaţi sînt păstrate în funcţiune în timpul golurilor de sarcină, numai spre a se evita dificultăţile legate de punerea în funcţiune după golul de noapte sau după zilele de sărbătoare. Evident că aceste regimuri de funcţionare duc la consumuri suplimentare de combustibil şi la creşterea cheltuielilor de exploatare în sistemul energetic.

Problema acoperirii vîrfului de sarcină în sistemele energetice în componenţa cărora intră în principal centrale termoelectrice se poate rezolva, în principiu, astfel:

a) Toate turboagregatele centralelor termoelectrice au o putere nominală, P_n, mai mare decît puterea economică, P_{ec} [2]. În acest caz, P_{ec} se consideră egală cu 0,8...0,9 P_n. În afara vîrfului de sarcină, turboagregatele funcţionează la puteri care nu depăşesc P_{ec}, iar la vîrful de sarcină — la puteri situate între P_{ec} şi P_n. Funcţionarea turboagregatelor în domeniul de puteri între P_{ec} şi P_n este însoţită de pierderi suplimentare de căldură (în special la oprirea parţială a instalaţiei de preîncălzire regenerativă a apei de alimentare, care se practică uneori pentru mărirea puterii turbinelor la vîrful de sarcină), însă investiţiile sînt mai reduse în acest caz faţă de soluţia construirii unei centrale termoelectrice noi.

b) Vîrful de sarcină în sistemul energetic se acoperă de o centrală electrică specială cu agregate cu pornire rapidă [3]. Celelalte centrale electrice din sistem funcţionează cu o sarcină în general constantă, ceea ce exclude pierderile de căldură legate de funcţionarea cu sarcini variabile.

c) Vîrful de sarcină se acoperă folosind puterea adiţională a CET [4]. Conform GOST 3618—58, valoarea maximă a puterii electrice adiţionale trebuie să constituie 20% din puterea electrică nominală a turbinelor de termoficare cu prize. Astfel, turbina T—50—130 are generatorul electric de 60 MW.

În perioadele în care se utilizează puterea adiţională a CET, poate să apară necesitatea micşorării sarcinii prizelor reglabile ale turboagregatelor şi mărirea cu o cantitate egală a sarcinii termice a cazanelor de vîrf.

Utilizarea puterii electrice adiţionale a CET, din punctul de vedere al investiţiilor, este totdeauna mai avantajoasă decît construirea unei centrale termoelectrice noi. Economia de investiţii specifice este în acest caz de circa 60—80 ruble/kW. Utilizarea puterii adiţionale a CET poate conduce la consumuri suplimentare de combustibil în sistemul energetic datorită performanţelor mai slabe ale ciclului de condensaţie al CET, faţă de centralele termoelectrice cu condensație noi. În prima soluție (a), care apare cea mai avantajoasă, nu există însă necesitatea opririlor de noapte, iar echipamentul de bază necesar pentru astfel de centrale se află abia în stadiul de elaborare și cercetare.

A doua soluție (b) este cea mai avantajoasă în cazul marilor sisteme energetice. În multe țări, ca U.R.S.S., Canada, S.U.A., Franța, există centrale electrice de vîrf cu ciclu abur — gaze, ca și centrale cu motoare Diesel și centrale folosind turbine cu gaze de aviație.

A treia soluție (c) este cea mai adecvată pentru sistemele energetice în care ponderea CET este mare sau în situațiile în care există consumuri de căldură de natură să justifice construirea de CET.

Puterea adițională a CET, utilizabilă pentru acoperirea vîrfului de sarcină electrică, se stabilește pe baza determinării cheltuielilor totale minime de calcul :

$$\frac{\partial Z_i}{\partial P_{ad}} = 0, \tag{1}$$

unde

$$Z_i = k\, I_i + C_i \tag{2}$$

reprezintă cheltuielile totale de calcul în varianta i, iar

$$k = \frac{1}{n},$$

unde n este termenul de recuperare normat al investițiilor suplimentare ;
I_i — investițiile în varianta i;
C_i — cheltuielile totale în varianta i.

Se va considera că vîrfurile zilnice de sarcină electrică și termică se suprapun în timp și că sarcina suplimentară a cazanelor de vîrf este egală cu micșorarea cantității de căldură prelevată de la prizele reglabile ale turbinelor.

În realitate, din cauză că sarcinile maxime termice și electrice nu se suprapun, sarcina suplimentară a cazanelor de vîrf va fi mai mică.

Reducerea căldurii prelevate de la prizele reglabile ale turbinei T—50—130 va fi :

pentru $P^{ad}_{CET} = 0{,}2\ P_n$, $\Delta q^{ad}_{caz} = 0{,}75\ q^n_p$,

unde q^n_p este capacitatea nominală a prizei;

pentru $P^{ad}_{CET} = 0{,}1\ P_n$, $\Delta q^{ad}_{caz} = 0{,}3\ q^n_p$.

Aici s-a notat cu q^{ad}_{caz} sarcina suplimentară a cazanelor de vîrf.

Investițiile în varianta i a CET, în cazul folosirii puterii adiționale a CET, sînt :

$$\begin{aligned} I_i &= I_{CET} + I_{cv} + \Delta I_{cv} + I^{echiv}_{CTE} + I_c = \\ &= i_{CET}\ P^n_{CET} + i_{cv}\ q_{cv} + i_{cv}\ q^{ad}_{cv} + i_{CTE}\ P^{echiv}_{CTE} + \\ &\quad + i_c\, Ba \end{aligned} \tag{3}$$

unde i_{CTE}, i_{cv}, i_{CTE}, i_c reprezintă investițiile specifice în CET, cazane de vîrf, CTE de echivalare și pentru deschiderea de mine noi și dezvoltarea mijloacelor necesare pentru transportul combustibilului.

Cheltuielile anuale sînt :

$$C_i = c_c\, Ba + a\,(I_{CET} + I_{cv} + \Delta I_{cv} + I^{echiv}_{CTE}), \tag{4}$$

unde

c_c este costul combustibilului (extracție și transport;)
a — coeficientul de amortizare a investițiilor.

Celelalte cheltuieli nu le vom lua în considerare, întrucît nu influențează alegerea soluției.

Puterea CET este :

$$P_{CET} = \alpha_n \cdot y_p \cdot \psi_k \cdot q^n_{CET}, \tag{5}$$

unde

$\alpha_n = \dfrac{q^n_p}{q^n_{CET}}$ este coeficientul de termoficare orar de calcul, egal cu raportul dintre capacitatea termică a prizei și sarcina termică de calcul a CET ;
y_p — puterea specifică în termoficare;
ψ_k — coeficientul de putere legată în condensație a turbinei; pentru turbine cu priză și condensație, $\psi_k = 1{,}1$;
q^n_{CET} — sarcina termică de calcul a CET. Puterea adițională a CET este :

$$\Delta\, P^{ad}_{CET} = \varphi_{ad} \cdot P^n_{CET} \tag{6}$$

φ_{ad} — cota de putere adițională a CET (față de puterea nominală) ; φ_{ad} variază între 0 . . .0,2.

Capacitatea cazanelor de vîrf din CET și sarcina suplimentară a cazanelor de vîrf va fi :

$$q_{cv} = (1 - \alpha_n)\, q^n_{CET} \tag{7}$$

$$\Delta q^{ad}_{caz} = 3{,}75 \cdot \varphi_{ad} \cdot \alpha_n \cdot q^n_{CET}. \tag{8}$$

Puterea de echivalare în CTE se determină din condițiile de egalitate a variantelor ca putere electrică și debit de căldură, precum și ca energie electrică și cantitate de căldură produsă :

$$P^{echiv}_{CTE} = (1 + \varphi_{ad} - \alpha_n')\, \psi_k \cdot y_p' \cdot q^n_{CET}. \tag{9}$$

Consumul anual de combustibil poate fi determinat după formula :

$$\begin{aligned} B^a_i = \frac{0{,}143}{\eta_{caz}\, \eta_c} [n_i \cdot q_g \cdot \tau + b_t \cdot E_t + b_{cd}\,(E_{CET} - E_t) + \\ + Q^a_{CET} + P^{ad}_{CET} \cdot h_{CTE} \cdot b_{CTE}], \end{aligned} \tag{10}$$

unde

η_{caz}, η_c reprezintă randamentele cazanelor și conductelor ;
q_g — consumul orar de căldură de mers în gol al turbinei;
τ — durata medie de funcționare a turbinei, în ore;

$n_i = \frac{\alpha_n \cdot q^n_{CET}}{q^n_p}$ — numărul de turbine de același tip din CET;

q^n_t — capacitatea nominală de prelevare de căldură de la turbină;

$E_{CET} = P_{CET} \cdot h_{CET} + \Delta P^{ad}_{CET} \cdot h_{CTE}$ — producție anuală de energie electrică a CET;

h_{CET} — numărul de ore de utilizare a puterii instalate a CET;

h_{CTE} — numărul de ore de utilizare a puterii instalate a CTE;

b_t, b_{cd} — consumurile specifice de căldură în CET în regim de termoficare și de condensație;

b_{CTE} — consumul specific de căldură în CTE.

Energia electrică produsă în regim de termoficare va fi:

$$E_t = \frac{y_p}{1 - x_T}\,(Q^a_t - q_0 \cdot \tau), \tag{11}$$

unde

$x_T = \frac{q_0}{q^n_T}$ este coeficientul de mers în gol al turbinei;

q_0 — componenta termică a consumului de căldură de mers în gol al turbinei;

q^n_T — consumul nominal orar de căldură al turbinei;

Q^a_t — cantitatea anuală de căldură prelevată de la priza turbinei, care se determină în funcție de $\alpha_{CET} = \alpha_n\,(1 - 3{,}75\ \varphi_{ad})$.

În acest fel, cheltuielile minime de calcul, corespunzătoare mărimii optime α^{opt}_n și φ^{opt}_{ad}, vor fi:

$$Z_i = (k + a)\,(i_{CET}\, P_{CET} + i_{cv}\, q_{cv} + i_{cv}\, \Delta q^{ad}_{caz} + \\ + i_{CTE}\, P^{echiv}_{CTE}) + (k \cdot i_c + c_c)\, Ba \tag{12}$$

Diferențiind ecuația (12) în funcție de α_n și punînd condiția ca derivata să fie egală cu zero, se obține formula cunoscută pentru determinarea α^{opt}_{CET} [5].

Diferențiind relația (12) în funcție de φ_{ad} și punînd condiția ca derivata să fie egală cu zero, rezultă cota optimă utilizabilă de putere adițională a CET:

$$\varphi^{opt}_{ad} = 0{,}6 + 0{,}135\frac{\gamma_{ac}}{\alpha_n} - \frac{0{,}223}{\alpha_n} + \\ + \frac{(k + a)\,[i_{cv} \cdot 3{,}75\ \alpha_n + (1 - \alpha_n)\,\psi_k \cdot y_p \cdot i_{CTE}]\ \eta_{caz} \cdot \eta_c}{0{,}75\ \frac{y_p}{1 - x_T} \cdot \tau_{inc} \cdot (k \cdot i_c + c_c)} - \\ - \frac{b_{CTE} \cdot \psi_k \cdot h_{CTE}}{5{,}25 \cdot \alpha_n \cdot \tau_{inc}} - \frac{(b_{cd} - b_{CTE}) \cdot \psi_k \cdot h_{CTE}}{5{,}25 \cdot \tau_{inc}}, \tag{13}$$

unde

γ_{ac} este sarcina termică aferentă apei calde menajere, %;

τ_{inc} — durata perioadei de încălzire, ore.

Efectuînd calculele după formula (13), se obține, în majoritatea cazurilor, φ^{opt}_{ad} mai mare de 0,2. Aceasta dovedește că totdeauna este avantajos ca pentru acoperirea vîrfului de sarcină să se utilizeze integral puterea adițională a CET. Acest lucru s-a demonstrat și printr-o serie de variante de calcul pentru sistemul energetic din Kazahstan [4].

Utilizarea puterii adiționale a CET pentru acoperirea vîrfului de sarcină electrică, pe lîngă faptul că permite obținerea unor cheltuieli minime de calcul, avantajează totodată dezvoltarea termoficării, în special în cazul în care combustibilul este ieftin.

Bibliografie

[1] * * * *Procedee de acoperire a vîrfurilor în sisteme energetice.* Ed. Academiei de Științe a U.R.S.S., 1963.

[2] * * * *Express-informațiia.* Teploenerghetika, 1963.

[3] Korneicev, A. .I. și Bîkov, V. M. *K voprosu ekonomiceskoi țelesoobraznosti sozdania dvuh tipov teplovîh elektrostanții.* Izd. VUZOV SSSR, razdel Energhetika, nr. 4, 1963.

[4] Hosid, M. G. *Povîșenie ekonomicinost teplofikații.* Teploenerghetika, nr. 4, 1962.

[5] Korneicev, A. I. și Bîkov, V. M. *Tehniko-ekonomiceskoe obosnovanie rasciotnovo znaceniia koeffițienta teplofikații pri proektirovanii TEȚ.* Teploenerghetika, nr. 2, 1963.

Tipuri noi de arzătoare pentru arderea raţională a gazelor naturale şi a păcurii în cazanele de abur

Ing. C. DINULESCU

Valoarea deosebită a combustibililor gazoşi şi lichizi, precum şi caracterul lor epuizabil impun o atenţie deosebită la arderea lor. În afară de obligaţia de a menaja rezervele, o ardere raţională antrenează şi efecte imediate foarte importante pentru consumatorii înşişi, atît de natură economică cît şi de mărire a continuităţii de exploatare, şi anume :

— reducerea pierderilor prin nearse sau prin excese de aer mari, şi deci realizarea de economii importante ;

— evitarea coroziunilor de temperatură joasă în cazul arderii păcurii ;

— reducerea duratei de indisponibilitate a cazanelor ;

— reducerea cheltuielilor de curăţire şi de întreţinere în general.

Cauzele principale ale unei arderi neraţionale pot fi :

— exploatarea neconştiincioasă sau incompetentă ;

— insuficienţe ale ventilatoarelor de aer şi de gaze de ardere ;

— repartiţia neuniformă a aerului între arzătoare sau în interiorul fiecărei ambrazuri ;

— defecţiuni sau imperfecţiuni ale arzătoarelor propriu-zise.

Întrucît primele cauze sînt suficient de cunoscute, în articolul de faţă se examinează numai ultima cauză, insistîndu-se asupra posibilităţilor de remediere prin adoptare de tipuri noi de arzătoare, care să asigure un randament maxim de ardere.

1. Arzătoare de gaze

1.1. *Stadiu actual şi consecinţe*

În linii mari, situaţia actuală a arzătoarelor de gaze poate fi prezentată astfel :

a) La cazane mai vechi : arzătoare improvizate, fără nici o bază de calcul şi deci neasigurînd un amestec bun între aer şi gaze, ceea ce duce la pierderi fie prin nearse, fie prin excese mari de aer, şi uneori prin ambele simultan.

b) La cazane mai noi de debit redus sau mediu : arzătoare omologate, construite în serie, însă de tip oarecum depăşit ca performanţe.

c) La cazane de debit mare şi relativ recente (instalate în ultimii ani), cum este cazul tuturor cazanelor mari din centralele electrice ; arzătoare speciale, de debite mari, adaptate pentru fiecare caz în parte, dar avînd la bază o concepţie comună şi în orice caz proiectate după reguli mai noi, cu rezultate satisfăcătoare.

d) La cazane trecute pe gaze de la alţi combustibili : arzătoare proiectate în majoritatea cazurilor de Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME) după cea mai nouă teorie, construite de către beneficiari şi cu rezultate foarte bune.

În măsură diferită, arzătoarele enumerate la primele trei categorii au neajunsul funcţionării cu un exces mare de aer, care poate varia de la 1,10 pînă la 1,30. Consecinţa directă a unei astfel de situaţii este scăderea randamentului cazanului, respectiv creşterea consumului de combustibil. O creştere a excesului de aer, spre exemplu de la 1,10 la 1,20, conduce la o mărire a consumului de combustibil cu circa 0,7 %. Luînd în considerare numai patru din centralele mari din ţară, care consumă circa 2 miliarde Nm^3/an gaze, prin scăderea excesului de aer de la 1,13 la 1,03 (ceea ce este posibil cu mijloace relativ simple şi ieftine), s-ar obţine o economie anuală de 14 milioane Nm^3, respectiv de circa 17 000 t combustibil convenţional. Evident că la cazanele cu arzătoare improvizate sau necorespunzătoare economia relativă este simţitor mai mare.

1.2. *Remedii posibile*

În prezent se dispune de suficientă experienţă şi de cunoştinţe teoretice pentru a calcula, proiecta şi construi uşor arzătoare de debite oricît de mari, pentru ambrazuri circulare sau dreptunghiulare, cu un exces de aer de 1,03 — 1,05 şi la un conţinut de CO în gazele de ardere de 0 %.

Metoda de calcul a fost expusă în revista „Energetica" nr. 11 din 1958, precum şi în broşura „Construcţia şi exploatarea tipurilor noi de arzătoare de gaz metan", editată de Institutul de documentare tehnică.

Mijloacele practice de îndreptare pentru viitor ar putea fi :

1.2.1. La cazane nou construite în ţară sau procurate din import, să se impună condiţia echipării cu arzătoare care să asigure un exces de aer mai mic de $n = 1{,}03$ şi un conţinut de CO în gazele de ardere de 0 %.

1.2.2. La cazane existente echipate cu arzătoare de peste circa 400 Nm^3/h şi în general neomologate, să se verifice prin măsurători amănunţite şi eventual şi prin calcul posibilitatea de a obţine $n = 1{,}05$ la CO = 0 %, iar în cazurile nesatisfăcătoare să se impună modificarea lor (spre exemplu prin Inspecţia energetică).

1.2.3. Arzătoarele omologate care nu îndeplinesc condiţia minimală $n = 1{,}05$, la CO = = 0 %, să fie treptat înlocuite cu altele care să satisfacă această condiţie.

1.2.4. Crearea în viitorul apropiat de arzătoare de debit mare, cu exces de aer mic, de ordinul $n = 1{,}01$ (valoare atinsă la injectoarele de păcură moderne). Pentru atingerea acestui scop este necesar să se întreprindă cercetări de către Institutul de energetică al Academiei R.P.R., în cadrul studiilor pe care le efectuează în acest domeniu, în colaborare cu IRME sau alții.

Căile pe care ar trebui îndreptate aceste cercetări sînt :

— pentru ambrazurile de formă dreptunghiulară, secțiune îngustă și înaltă, cu viteze mari ale gazului și aerului în zona de amestec, și eventual cu scurgere turbionară după zona de amestec ;

— pentru ambrazurile de formă circulară, injecție dublă de gaze, centrală și periferică, dimensionată în funcție de cîmpul de viteze al aerului ; în cazul unei mișcări tangențiale a aerului în interiorul ambrazurii, stabilirea exactă a acestui cîmp este indispensabilă.

Posibilitatea realizării acestei propuneri este arătată în figura 1, pentru tipul de ambrazură dreptunghiulară ; din această figură se poate vedea și gradul ridicat de umplere a ambrazurii cu vinele de gaz. Viteza ridicată a aerului de 40 m/s în zona de amestec, precum și îngustimea și forma canalului de scurgere a amestecului asigură un brasaj puternic și deci un amestec intim la un exces de aer foarte mic. Dimensiunile indicate în figură se referă la un arzător calculat pentru 3 200 Nm³/h. Pentru acest debit și în scopul de a ilustra modul de calcul amintit, se dă, la sfîrșitul articolului, rezumatul calculului pentru ambrazura dreptunghiulară.

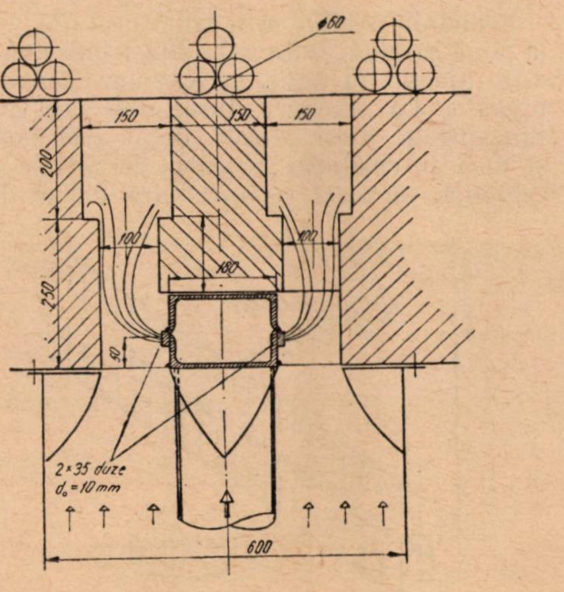


Fig. 1. Arzător de gaze de 3 200 Nm³/h.

2. Injectoare de păcură

2.1. *Stadiu actual și consecințe*

Luînd în considerare numai cazanele din centralele electrice (situația celorlalte nefiind în nici un caz mai bună), se constată că practic nu s-a făcut nici un progres față de nivelul de acum 30 de ani, singura explicație fiind că în ultimii 10 ani s-a consumat din ce în ce mai puțină păcură.

Neajunsurile principale ale injectoarelor existente cu pulverizare mecanică sînt :

a) Exces mare de aer, chiar la debitele nominale.

b) Imposibilitatea menținerii fineții și conului de pulverizare la sarcini inferioare celei nominale.

Consecințele acestor neajunsuri sînt :

a) Coroziuni importante ale suprafețelor finale sau imposibilitatea de a coborî temperatura gazelor de ardere sub valoarea de circa 150°C, și deci micșorarea randamentului cazanului. Experiențe pe scară întinsă efectuate în ultimii ani confirmă faptul că, scăzînd excesul de aer la valoarea de 1,03, temperatura gazelor de ardere poate fi coborîtă sub 100°C, chiar și în cazul păcurii cu conținut mare de sulf (3%), fără risc de corodare, explicația fiind absența oxigenului în zona de ardere, ceea ce împiedică formarea SO_3 și deci și a SO_4H_2.

b) Înrăutățirea condițiilor de ardere la sarcini reduse și limitarea cîmpului de reglare a sarcinii (între 100 și 70%), respectiv imposibilitatea reglării automate în limitele necesare.

2.2. *Remedii posibile*

Lipsa de material documentar, posibilitățile de cercetare relativ restrînse, precum și absența totală în țară de injectoare de tipuri noi îngreuiază foarte mult rezolvarea în timp scurt a neajunsurilor semnalate.

Cunoștințele de care se dispune despre noile tipuri, și anume :

a) forma cilindrică, și nu convergentă — divergentă, a ambrazurii :

b) conul de pulverizare aproape tangențial la secțiunea de ieșire a ambrazurii ;

c) debit constant la intrarea în injector ;

d) cădere de presiune constantă în capul injectorului pentru obținerea mișcării de rotație necesare pulverizării fine ;

e) presiunea de injecție crescînd liniar cu debitul injectat, nu sînt suficiente pentru ca într-un timp acceptabil să se rezolve prin încercări proprii toate cerințele noilor tipuri.

Pentru a face cercetările mai eficace, se propune procurarea unor arzătoare de păcură de tipurile cele mai moderne.

În același timp, Institutul de energetică ar trebui să intensifice programul de cercetări, pentru ca, plecînd de la elementele mai sus arătate și folosind documentația de care dispune, să reușească să creeze un tip de injector cu performanțe apropiate de cele atinse de arzătoarele cele mai perfecționate ($n = 1{,}01 - 1{,}03$, la $CO = 0\%$).

Pentru injectoare moderne se garantează $n \leqslant 1{,}05$, $CO_2 > 15\%$, $O_2 < 0{,}01$ și punctul de rouă sub 100°C, la un conținut de sulf de 3%.

Rezultatele de exploatare a unor cazane echipate cu astfel de injectoare depășesc chiar aceste cifre [1]. După o exploatare de trei ani, rezultatele practice au fost:

a) La un exces de aer de 1,05 și chiar de 1,02, și un conținut de O_2 de 0,1%, respectiv 0,05%, se poate obține o ardere perfectă, fără apariția CO.

b) În condiții corecte de exploatare, randamentul cazanului poate atinge 95% (la temperatura gazelor de ardere de circa 100°C).

c) Cu condiția unei preîncălziri suficiente, se poate arde orice păcură, fără riscuri de corodare sau depuneri de funingine. Fără să fie nevoie de curățire, un cazan de 75 t/h a funcționat timp de 26 000 h; suflătoarele de funingine n-au fost folosite, iar instalația de alice a și fost demontată.

d) Variații de sarcină de la 40 t/h la 72 t/h la cazane de 50/75 t/h pot fi preluate în 2 minute, conținutul de O_2 în gazele de ardere variind între 0,05 și 0,2%; pentru aceasta este, însă, necesară o reglare fină și promptă, precum și o repartiție uniformă între toate injectoarele, ceea ce se controlează în mod sistematic prin contoare individuale de păcură la fiecare injector. Drept corectiv în automatizarea procesului de ardere, nu se mai ia conținutul de CO_2 în gazele de ardere, ale cărui variații sînt neînsemnate, ci conținutul de O_2, ale cărui variații relative sînt mari, obținîndu-se în felul acesta un reglaj foarte sensibil.

e) La injectoarele cu pulverizare prin abur, presiunea păcurii variază între 0,5 și 7 at.

Se poate garanta un cîmp de reglare al sarcinii foarte larg, 100 — 10%, limita inferioară putînd fi împinsă, la nevoie, pînă la 5% și excesul de aer rămînînd foarte scăzut, iar conținutul de CO zero.

Modul în care este rezolvată problema unei pulverizări fine constante într-un cîmp atît de larg, precum și organele componente ale sistemului de ardere cu presiune diferențială constantă sînt prezentate în mod succint, în cele ce urmează. Părțile componente principale sînt (fig. 2):

— pompa specială de presiune diferențială, care trimite la injectoare debitul nominal (maxim), menținînd constantă diferența de presiune între refulare și aspirație;

— capul de pulverizare, care injectează în ambrazură debitul cerut, pulverizat fin sub forma unui con gol, cu unghiul de deschidere riguros constant;

— registrul de aer, care asigură viteza și rotația aerului corespunzătoare sarcinii;

— ambrazura de formă potrivită, pentru a realiza un amestec intim și complet al aerului cu particulele de păcură pulverizată.

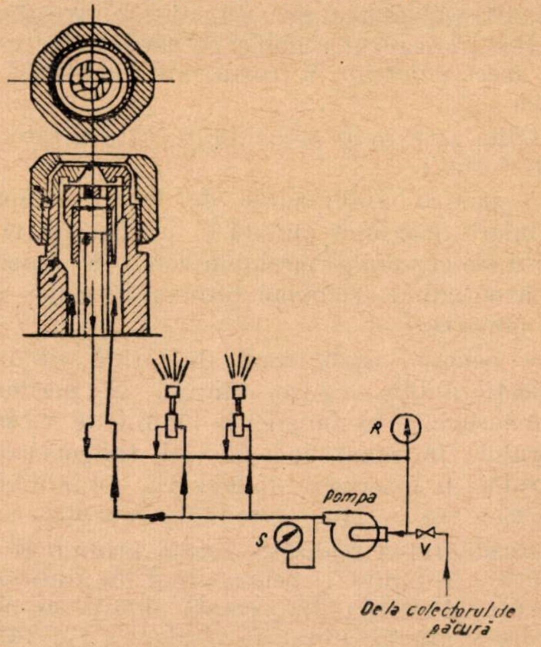


Fig. 2. Schemă principială de reglare la sistemul cu presiune diferențială constantă:

R — manometru pentru presiunea de întoarcere; S — manometru pentru presiunea de alimentare; V — ventil de reglare.

Principiul reglării este următorul (fig. 2 și 3): la plină sarcină, întregul debit trimis de pompă este injectat în focar, la presiunea maximă de injecție. La sarcini reduse, deși prin canalele tangențiale trece același debit (cel nominal) și deci intensitatea mișcării de rotație nu se schimbă, în focar se injectează numai debitul corespunzător sarcinii (la o presiune de injecție mai mică), iar restul se întoarce la aspirația pompei; în acest fel se schimbă numai debitul injectat, nu însă și calitatea pulverizării.

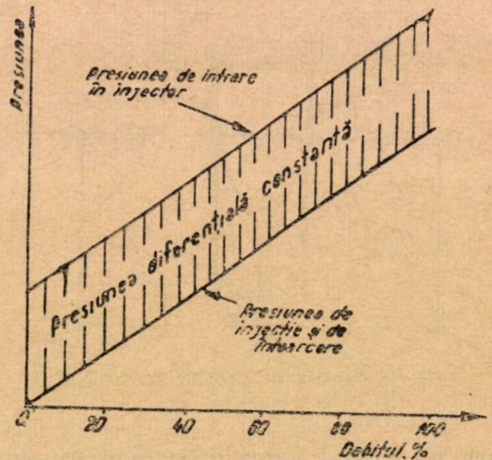


Fig. 3. Variația presiunilor cu sarcina.

Cu ajutorul ventilului de reglare *V*, prin care pătrunde în sistem păcura din conducta de alimentare, se reglează presiunea de injecție din camera de pulverizare și deci și debitul injectat. Prin construcția sa, pompa menține constantă diferența de presiune între refulare și aspirație, respectiv căderea de presiune în canalele tangențiale, ceea ce determină calitatea pulverizării. Din cauza mișcării de rotație, gradul de umplere a orificiului de scurgere scade la sarcini parțiale, ceea ce conduce la o relație liniară între debitul injectat și presiunea de injecție (fig. 3), și astfel la posibilitatea urmăririi sarcinii direct prin indicațiile manometrului *R* de pe conducta de întoarcere.

În concluzie, lucrurile se petrec ca și cum presiunea din conducta de alimentare servește la injectarea în focar a debitului necesar, pe cînd pompa produce suprapresiunea necesară pulverizării prin asigurarea unei mișcări de rotație constante în camera de pulverizare.

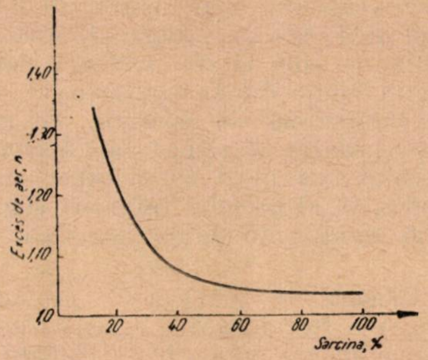


Fig. 4. Variația excesului de aer cu sarcina.

Sistemul de reglaj descris poate fi aplicat și la instalațiile existente, la care se suprapune numai pompa specială.

Diagrama din figura 4 indică variația excesului de aer la sarcini parțiale; în intervalul 100–70%, excesul nu depășește valoarea de 3%.

Exemplu de calcul (fig. 1)

1. 1. Debitul de gaz 3 200 $Nm^3/h = 0{,}93\ m^3/s$, la 15°C.

2. Debitul de aer $1{,}02 \cdot 9{,}5 \cdot 0{,}93 \dfrac{273+180}{273+15} = 14{,}1\ m^3/s$ la $t = 180°C$.

3. Viteza aerului în zona de amestec (propusă) 40 m/s.

4. Lățimea ambrazurii în zona de amestec (propusă), 2 × × 100 mm.

5. Înălțimea ambrazurii $\dfrac{14{,}1}{2.0{,}1.40} = 1{,}76$ m.

6. Viteza gazului pentru egalitatea energiilor cinetice $4{,}24.40 = 170$ m/s.

7. Pătrunderea (de dorit) $h = \dfrac{2}{3}.100 = 67$ mm.

8. Pătrunderea reală propusă 65 m.

9. Pătrunderea unitară $\dfrac{h}{d} = 1{,}65.4{,}24 \sqrt{0{,}554 \cdot \dfrac{273+180}{273+15}} = 6{,}5$.

10. Diametrul duzei (orificiului) 65 : 6,5 = 10 mm.

11. Debitul unei duze $0{,}78.170.10^{-4} = 1{,}33.10^{-2}\ m^3/s$.

12. Numărul duzelor $\dfrac{0{,}93 \cdot 10^2}{2.1{,}33} = 35$.

13. Pasul între duze 1 760 : 35 = 50 mm.

14. Diametrul vînei desfăcute $0{,}75.65 = 49 \sim 50$ mm.

15. Viteza de scurgere a amestecului din ambrazură $(14{,}1 + 0{,}93) : 1{,}76.2.0{,}15 = 28{,}5$ m/s.

Bibliografie

[1] Glaubitz, F. *The economic combustion of sulfu r containing heating oil.* Combustion *34* (1963), nr. 7, p. 31–35.

[2] *** Prospecte ale firmei constructoare de arzătoare „Peabo dy”.

Rezultate obținute la măcinarea lignițilo r cu moara-ventilator construită la CTE Doicești

Ing. A. CIUCIUC

Problema preparării prafului de cărbune a fost și continuă să rămînă una dintre problemele de actualitate în cadrul CTE Doicești, centrală ce consumă anual peste 1,2 milioane tone de cărbune inferior.

Modificările constructive și ale schemelor funcționale, aplicate morilor cu ciocane cu care sînt echipate cazanele de 100 t/h ale centralei, nu au rezolvat satisfăcător problema măcinării ligniților în vederea arderii lor în stare pulverizată.

Consumul specific de energie și de metal, finețea de măcinare și productivitatea morilor cu ciocane înregistrează încă valori necorespunzătoare. Astfel, productivitatea morilor cu ciocane noi este de 11–13 t/h, finețea de măcinare, exprimată prin restul pe sita de 90 μ, este de 65–75%, consumul specific de energie electrică – de 12–14 kWh/t. Finețea de măcinare și productivitatea scad foarte repede, în funcție de uzura ciocanelor. Uzura morilor cu ciocane este mare, un set de 78 ciocane pentru o moară schimbîndu-se în medie după 600 ore de funcționare.

Cercetările efectuate în legătură cu prepararea și arderea prafului de lignit atît în țară

[1], [2], [3], cît şi în străinătate au demonstrat necesitatea orientării spre instalaţii mai eficace de măcinare, şi anume spre moara-ventilator.

Morile-ventilator construite şi experimentate în R.D.G. [4], U.R.S.S. [5] şi R.F.G. [6], [7] au înregistrat performanţe cu mult superioare morilor cu ciocane.

De asemenea, rezultatele obţinute cu moara-ventilator construită de Institutul de energetică al Academiei R.P.R. şi experimentată într-o schemă provizorie la cazanul IPROM de 20 t/h la CTE Schitu-Goleşti au întărit interesul de a introduce acest gen de agregat de măcinare la cazanele cu debite mijlocii şi mari din centralele noastre termoelectrice ce folosesc lignit [8], [9], [10].

Pornind de la considerentele de mai sus, autorul a construit şi experimentat din aprilie 1961 un tip de moară-ventilator la cazanul nr. 5 de 100 t/h de la CTE Doiceşti.

Moara-ventilator experimentată (fig.1 şi 4) are următoarele caracteristici:

diametrul exterior al rotorului	1 800 mm
diametrul interior al rotorului	1 300 mm
lăţimea paletelor	400 mm
numărul paletelor	10
turaţia rotorului	730 rot/min
puterea motorului de antrenare	210 kW

Moara este prevăzută şi cu 18 ciocane dispuse pe trei rînduri pe o circumferinţă de 1 100 mm diametru şi este echipată cu un separator inerţial de granule.

Pentru o mai bună adaptare în instalaţie, moara-ventilator a fost construită pe şasiul morii cu ciocane 2 de la cazanul 5, folosindu-se şi unele repere ale morii cu ciocane demontate (ax, lagăre, labirinţi de etanşare, motor de antrenare).

Prezenţa celor trei rînduri de ciocane înaintea rotorului morii-ventilator a fost impusă de necesitatea unui element suplimentar de concasare, deoarece granulaţia lignitului sosit în buncărele cazanelor conţine, în majoritatea cazurilor, fracţiuni de peste 30 mm în proporţie de 30–40%, ca urmare a unor particularităţi ale sistemului de alimentare a centralei.

Experienţa a demonstrat că cele trei rînduri de ciocane asigură în acelaşi timp o repartiţie mai uniformă a cărbunelui la intrarea în rotorul morii-ventilator, fapt care îi influenţează pozitiv funcţionarea.

Moara-ventilator a alimentat iniţial două din cele opt arzătoare ale cazanului, adică un arzător-fantă de colţ şi un arzător-ciclon lateral. La puţin timp după montarea ei, schimbîndu-se arzătoarele de cărbune ale cazanului, moara-ventilator a rămas să alimenteze – ca şi celelalte trei mori cu ciocane – un singur arzător-fantă al colţului respectiv (fig. 2), care este un arzător de mare capacitate în dublu etaj.

Ca schemă de funcţionare pentru moara-ventilator a fost aleasă o schemă simplificată, şi anume moara nu a fost echipată cu turn de uscare a cărbunelui cu ajutorul gazelor de ardere aspirate din focar. Uscarea cărbunelui se realizează cu aer preîncălzit, ca la morile cu ciocane existente.

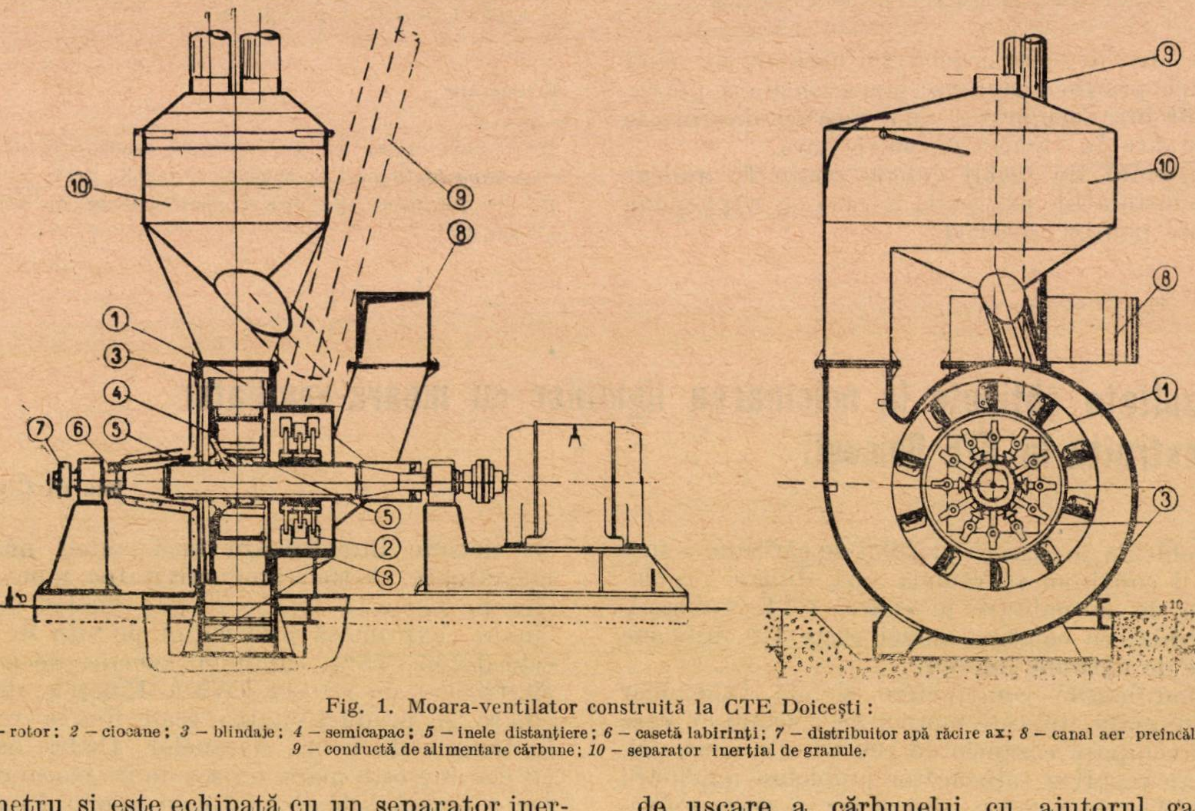


Fig. 1. Moara-ventilator construită la CTE Doiceşti:

1 – rotor; *2* – ciocane; *3* – blindaje; *4* – semicapac; *5* – inele distanţiere; *6* – casetă labirinţi; *7* – distribuitor apă răcire ax; *8* – canal aer preîncălzit; *9* – conductă de alimentare cărbune; *10* – separator inerţial de granule.

Considerentele care au favorizat alegerea unei scheme simplificate de funcționare a morii-ventilator au fost următoarele :

— Echiparea morii-ventilator cu un turn de uscare necesită modificări constructive importante în instalație, care nu au putut fi realizate în intervalul de timp, relativ scurt, afectat reparației mijlocii a cazanului *5* în perioada montării ei.

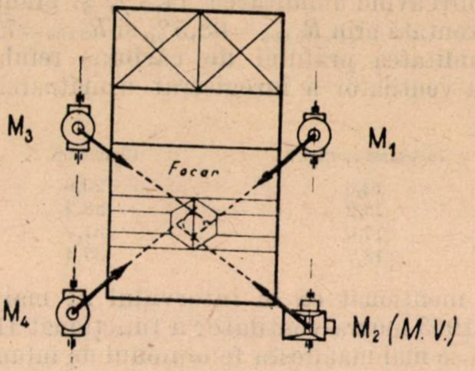


Fig. 2. Amplasarea morilor de cărbune la cazanul nr. 5 : M_1, M_3, M_4 – mori cu ciocane M_2 – moară-ventilator.

— Experimentarea numai a unei singure mori-ventilator la cazanul *5* în schemă definitivă (aspirînd gaze de ardere prin turn de uscare) ar fi putut crea nesimetria temperaturii gazelor de ardere în cele două compartimente ale drumului al doilea de gaze al cazanului.

— În unele lucrări de specialitate [5] se recomandă, pentru cazanele cu productivitate medie (pînă la 230 t/h), folosirea morilor-ventilator cu viteză periferică redusă a rotorului (circa 65 m/s) și uscarea cărbunelui numai cu aer cald.

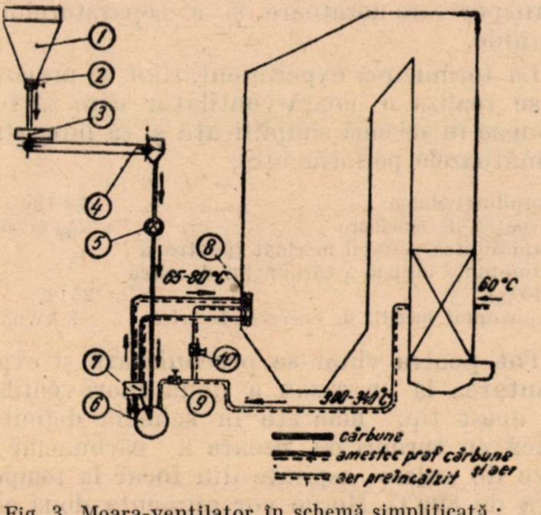


Fig. 3. Moara-ventilator în schemă simplificată :

1 – buncăr; *2* – șibăr închidere; *3* – bandă cu racleți dozatoare; *4* – bandă transportoare de cauciuc; *5* – turnichet; *6* – moară-ventilator; *7* – separator granule; *8* – arzător fantă de colț; *9* – clapă aer principal; *10* – clapă aer secundar.

În schema simplificată de funcționare a morii-ventilator (fig. 3), cărbunele din buncărul cazanului ajunge în moară prin intermediul unei benzi metalice transportoare și dozatoare și al unei benzi de cauciuc transportoare, prevăzută cu un cîntar înregistrator. Conducta de alimentare cu cărbune a morii este racordată după o tangentă la carcasa morii în dreptul ciocanelor, în sensul rotirii lor. Această soluție a fost reținută ca utilă din experiența alimentării morilor cu ciocane.

Rolul turnichetului de pe conducta de alimentare cu cărbune a morii este de a proteja banda de cauciuc de aerul preîncălzit ce poate scăpa din moară. Partea de aspirație a morii-ventilator este racordată la canalul de aer preîncălzit primar, care alimentează și moara *1* a cazanului. Temperatura aerului preîncălzit este de 300–340°C, iar presiunea sa – de 200 mm C.A. Legătura între separatorul inerțial de granule al morii și arzător este realizată prin două conducte, cu diametrul interior de 360 mm, cîte una pentru fiecare etaj al acestuia. Aceste conducte au fiecare cîte un singur cot la 90° și lungimi de 4 m și, respectiv, 5 m.

Presiunea statică creată de moara-ventilator la debitul zero este de 300 mm C.A., iar depresiunea la aspirația morii, cu refularea deschisă și aspirația obturată, este de 180 mm C.A.

Combustibilul de bază folosit în centrală este un amestec de ligniți proveniți în majoritate din bazinele Doicești, Filipești și Rovinari, avînd următoarele caracteristici-limită :

- umiditatea, $W = 29 - 45\%$;
- cenușa, $A = 28 - 30\%$;
- puterea calorică, $Q_i = 1\,600 - 1\,900$ kcal/kg ;
- granulația : rest pe sita de 5 mm, $R_{5\,mm} = 60 - 70\%$; rest pe sita de 3 mm, $R_{3\,mm} = 69 - 80\%$.

Datorită umidității ridicate a cărbunelui, temperatura amestecului praf-cărbune — aer primar este scăzută, și anume de 65–80°C. Din același motiv, precum și datorită faptului că moara-ventilator a funcționat pînă în luna mai 1963 cu un separator de granule inerțial de mai mică capacitate decît cel existent în prezent, se producea în mod frecvent înfundarea morii pe partea de refulare la o încărcare de peste 15 t/h.

Ultimele probe cu moara-ventilator au fost efectuate în intervalul 7–11 iunie 1963, după reparația mijlocie anuală a cazanului *5*, precum și a morii. Cu această ocazie, principalii indici tehnico-economici ai măcinării — consumul specific de energie electrică și finețea de măcinare — au înregistrat următoarele valori :

Încărcarea morii (la deschiderea de 80% a clape de recirculație a separatorului), t/h	Consumul specific de energie, kWh/t
12,8	9,0
13,2	8,75
17,6	6,55
18,8	6,14

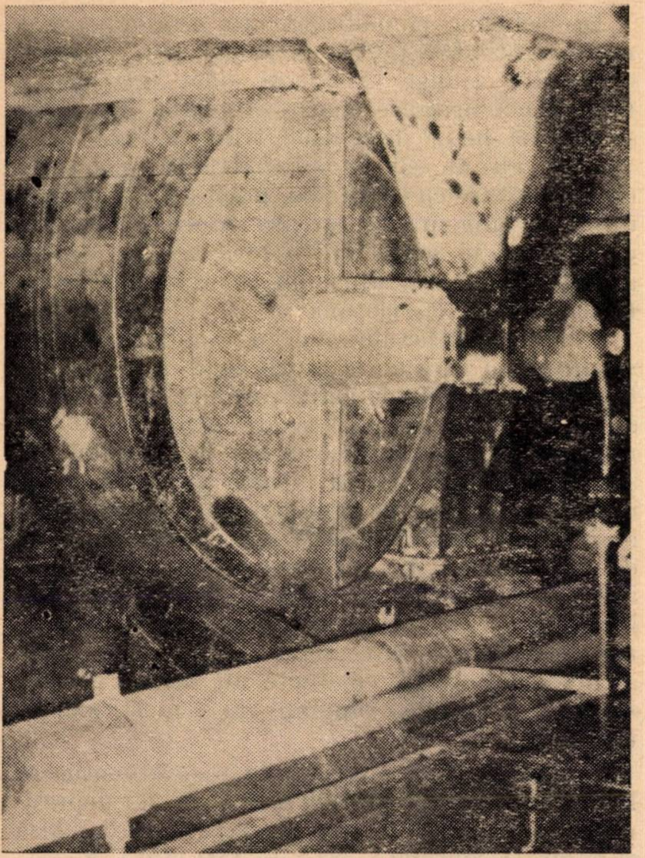


Fig. 4. Moara-ventilator construită la CTE Doicești.

Finețea de măcinare (la deschiderea de 80% a clapei de recirculație a separatorului)

Rest	Încărcarea morii, t/h			
	12,8	13,2	17,6	18,8
R_{200}	35,6	42,8	50,8	54
R_{100}	55,3	62,8	64,7	67
R_{90}	60,7	66,4	66,8	69,5

La o variație a deschiderii clapei separatorului cu 60% (de la 40 la 100%) a corespuns o variație a fineții de măcinare R_{90} de numai 5,3%.

Finețea de măcinare relativ mică, mai ales la debite mari, se datorește presiunii ridicate (200 mm C.A.) a aerului preîncălzit cu care este alimentată moara-ventilator. Această situație nu a influențat însă negativ pierderile prin nearse mecanic la cazanul *5*, așa după cum se poate constata și din ultimele probe efectuate la 28 august 1963, și care au înregistrat următoarele valori :

Morile care au funcționat	Nearse, %	
	în cenușă	în zgură
1. Trei mori cu ciocane plus moara-ventilator	0,72	1,06
2. Trei mori cu ciocane	0,54	1,94
3. Două mori cu ciocane plus moara-ventilator	0,53	0,92

Se poate aprecia că în viitor, la funcționarea cazanului numai cu mori-ventilator, nearsele mecanic se vor putea menține în jurul valorii de 1% în zgură, cu atît mai mult cu cît presiunea aerului preîncălzit va putea fi mult scăzută.

Probele efectuate s-au făcut cu un amestec de ligniți avînd umiditatea 44,3% și granulația reprezentată prin $R_{5\,\mathrm{mm}}=68{,}5\%$ și $R_{3\,\mathrm{mm}}=77{,}2\%$. Umiditatea prafului de cărbune refulat de moara-ventilator a înregistrat următoarele valori :

Încărcarea morii, t/h	Umiditatea, %
12,8	23,6
13,2	28,2
17,6	31,7
18,8	37,4

De menționat că în intervalul 21 mai — 11 iunie 1963 moara-ventilator a funcționat 413 ore fără a se mai manifesta fenomenul de înfundare. Productivitatea maximă a morii, înregistrată în acest interval, a fost de 19,9 t/h la un consum specific de 6,52 kWh/t. Această valoare a fost limitată de capacitatea benzii metalice dozatoare, deși mai exista rezervă de putere la motorul de antrenare al morii.

Deoarece actuala moară-ventilator are raportul între lățimea paletelor și diametrul exterior al rotorului de 0,222, valoare mai mică decît limita inferioară recomandată pentru acest raport, de 0,35 [5], se preconizează pentru viitor, prin mărirea lățimii paletelor de la 400 mm la 600 mm, obținerea unei productivități a morii de 22—25 t/h, în aceleași condiții de funcționare. Se înțelege că în mod corespunzător va fi mărită și capacitatea benzii transportoare-dozatoare și a separatorului de granule.

La terminarea experimentărilor se urmărește a se realiza o moară-ventilator care să funcționeze în schemă simplificată și să înregistreze următoarele performanțe :

— productivitatea	22 t/h
— finețea de măcinare	$R_{90} = 55\%$
— umiditatea prafului măcinat (pentru o umiditate inițială a cărbunelui de circa 40%)	25 %
— consumul specific de energie electrică	7 kWh/t

Tot pentru viitor se preconizează și experimentarea la un cazan a două mori-ventilator de acest tip, montate în schemă definitivă, adică cu turnuri de uscare a cărbunelui cu gaze de ardere aspirate din focar la temperatura de 800°C. Morile vor alimenta două arzătoare de colț opuse, iar înălțimea turnurilor va fi de 15 m.

Funcționarea experimentală a morii-ventilator de la cazanul *5* a demonstrat și un alt avantaj important al acestui gen de instalație de măcinare, și anume consumul specific de metal foarte redus. Astfel, în timp ce în medie cele 78 ciocane ale unei mori cu ciocane durează

600 ore de funcţionare, cele 10 palete ale morii-ventilator au fost schimbate la peste 3 000 ore de funcţionare. În figurile 5 şi 6 sînt prezentate un element de blindaj şi o paletă a morii-ventilator, confecţionate din OLC 45, aşa cum arată la peste 3 000 ore de funcţionare.

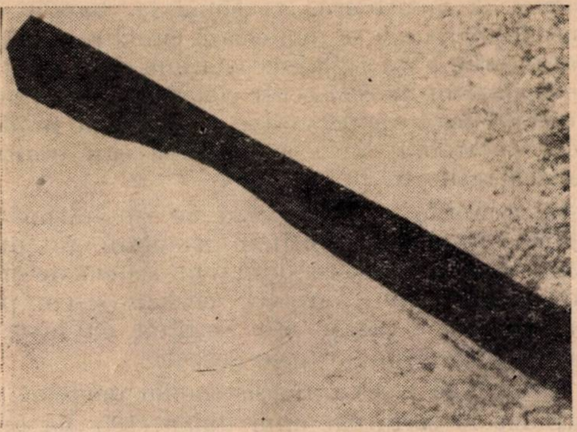


Fig. 5. Element de blindaj uzat.

Experimentarea morii-ventilator construită la CTE Doiceşti, timp de doi ani, în schemă simplificată, a permis să se tragă următoarele concluzii :

— Funcţionarea în schemă simplificată a morilor-ventilator este posibilă şi avantajoasă pentru cazanele de la CTE Doiceşti.

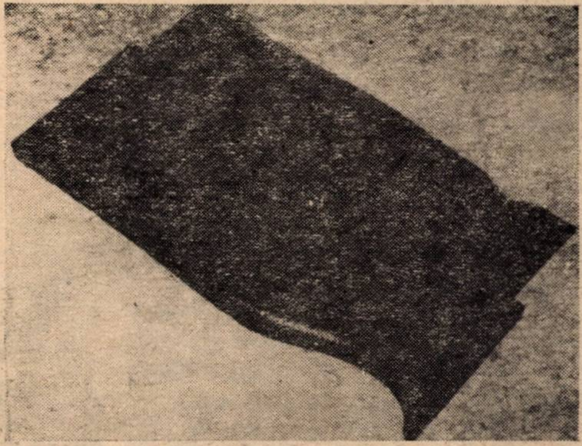


Fig. 6. Paletă de rotor uzată.

— Productivitatea ridicată a morii-ventilator faţă de morile cu ciocane existente creează posibilitatea ca, prin echiparea cazanelor de la CTE Doiceşti cu cîte două mori-ventilator de 22 t/h, să se asigure funcţionarea la debitul nominal al cazanelor cu rezervă de 50% la puterea de foc (cîte două mori cu ciocane care vor rămîne montate la fiecare cazan), lucru foarte important pentru condiţiile actuale de exploatare.

— Consumul specific redus de energie electrică al morii-ventilator (în medie 7 kWh/t, faţă de 13 kWh/t la morile cu ciocane) va conduce — în cazul folosirii acestui gen de instalaţie de măcinare la CTE Doiceşti — la o economie anuală de peste 7 milioane kWh la consumul propriu tehnologic.

— Fineţea de măcinare a morii-ventilator este satisfăcătoare, ea putînd fi adusă în limitele recomandate, şi anume $R_{90} = 55-65\%$.

— Consumul specific de metal realizat de moara-ventilator este foarte redus faţă de morile cu ciocane, nedepăşind 40% din valoarea înregistrată de acestea.

Bibliografie

[1] Pănoiu, N., Carabogdan, I. şi Cazacu, C. *Unele aspecte ale măcinării ligniţilor pentru arderea lor în stare pulverizată.* Energetica nr. 12/1958, p. 531—535.

[2] Carabogdan, I. *Măcinabilitatea unor cărbuni din R.P.R.* Studii şi cercetări de energetică, tom. IX, nr. 3, 1959.

[3] Pănoiu, N. *Moara-ventilator şi posibilităţile sale de măcinare a ligniţilor.* Energetica nr. 4/1959.

[4] Schindler, K. *Betriebserfahrungen mit Nasskohlemühlen.* Energietechnik nr. 1/1961, p. 35—46.

[5] Dubovski, I. E. *Analiz raboti meliuşcih ventileatorov i perspektivi ih razvitiia.* Teploenerghetika, nr. 10/1959, p. 55—59.

[6] Meyer, E. *Kohlenstaubmühlen.* BWK, Band 10, nr. 4/1958, p. 170—172.

[7] von Swietochowski, O. *Braunkohlenfeuerungen.* BWK, Band 12, nr. 4/1960, p. 147—149.

[8] Pănoiu, N., Singer, G. şi Carabogdan, I. *Studiul adaptării instalaţiei morii-ventilator la cazanul IPROM de 20 t/h la CTE Schitu-Goleşti.* Protocol 1958, Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

[9] Carabogdan I., Pănoiu, N. şi Singer, G. *Încercări de măcinare efectuate cu moara-ventilator în schemă provizorie.* Protocol 1959, Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

[10] Pănoiu, N., Singer, G. şi Carabogdan, I. *Rezultate obţinute la măcinarea ligniţilor cu moara-ventilator construită în R.P.R.* Energetica nr. 2/1960, p. 60/63.

Modelul de rețea de curent alternativ al Facultății de electrotehnică din Timișoara

Conf. ing. **ADAM SEMLYEN**

De curînd a început efectuarea primelor lucrări cu modelul de rețea de curent alternativ construit la Facultatea de electrotehnică din Timișoara. Modelul s-a realizat în scopuri didactice, de cercetare și pentru lucrări directe privind sistemul energetic regional. El este deci un model universal. La realizarea lui s-a urmărit să se adopte soluții simple, pentru ca modelul să rezulte ieftin, iar modelarea să fie intuitivă și sugestivă.

Fiind primul model de curent alternativ construit și exploatat la noi și avînd particularități constructive corespunzătoare scopurilor înșirate, va fi prezentat, în cele ce urmează, specialiștilor care lucrează în probleme de electroenergetică.

Datele principale

Modelul de rețea de curent alternativ al Facultății de electrotehnică din Timișoara (pe scurt MRT) este alimentat la tensiunea rețelei de 50 Hz. Pe viitor, pentru îmbunătățirea raportului $\frac{R}{X}$, la reactanțele longitudinale ale modelului, există posibilitatea trecerii la o frecvență mai mare, folosind pentru aceasta un convertizor în cascadă existent în laboratorul de rețele și sisteme electrice, în care este instalat modelul.

Datele nominale ale MRT sînt: $U_n = 100$ V, $I_n = 100$ mA, rezultînd $S_n = 10$ VA și $Z_n = 1\,000\ \Omega$. Modelul este static. Tensiunile electromotoare se obțin de la un transformator principal cu 36 faze în secundar. Reglajul fin al fazei și mărimii tensiunii se face cu autotransformatoare. Se pot modela 20 de centrale (generatoare).

Elementele longitudinale ale sistemului (generatoare, linii, transformatoare, reactoare) se modelează prin 100 reactanțe longitudinale (X_L) reglabile continuu, precum și cu rezistențe și capacități cu unități de valori fixe. Raportul de transformare al transformatoarelor, diferit de cel nominal, se obține cu autotransformatoare reglabile în trepte de 0,5%. Ele asigură și menținerea tensiunii la barele de consum. Sarcinile se modelează cu 60 reactanțe transversale (X_T) reglabile continuu și un număr corespunzător de rezistențe conectate în paralel. Numărul de elemente active și pasive ale modelului s-a stabilit prin examinarea mai multor modele realizate [1]... [5].

Măsurătorile se efectuează cu 20 voltmetre pentru urmărirea tensiunii simultan în mai multe puncte ale sistemului și un sistem de măsură pentru puteri, curenți, tensiuni (și componentele lor), defazaje etc., realizat cu instrumente de consum propriu scăzut.

Elementele pasive ale sistemului modelat se introduc în sertarele unui dulap (135 sertare, în 9 etaje și 15 coloane), interconectarea elementelor efectuîndu-se pe panoul frontal, care poartă și schema monofilară, simbolică, a sistemului. Tensiunile se aplică în punctele de alimentare (la generatoare) prin 20 conducte flexibile cu fișe simple. Pentru măsură servesc alte 20 de fișe simple și 20 de fișe de jac (pentru curenți și puteri).

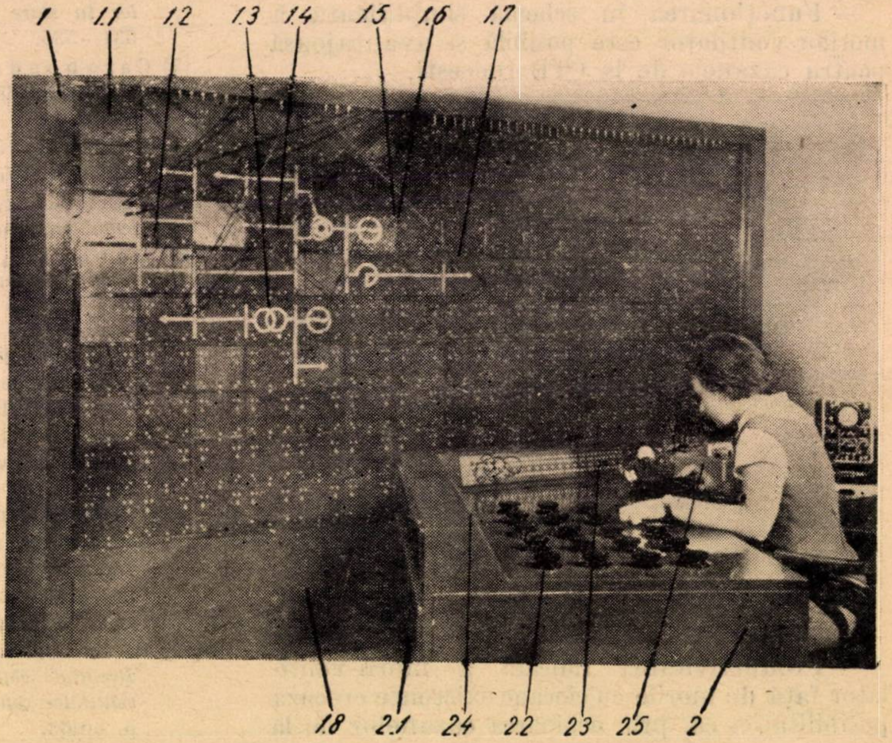


Fig. 1. Vedere a modelului de rețea:

1 – dulapul modelului; *1.1* – sertar; *1.2* – legătură frontală; *1.3* – simbolul elementului modelat în sertar; *1.4* – schema sistemului; *1.5* – fișă cu tensiunea generatorului; *1.6* – fișă de jac pentru curenți și puteri; *1.7* – fișă de măsură pentru tensiune; *1.8* – sertare de depozitare. *2* – pupitrul modelului; *2.1* – autotransformatoare pentru reglaj fin; *2.2* – buton pentru reglare la autotransformatoare; *2.3* – elemente de comandă și comutare; *2.4* – voltmetre de control; 2.5 – sistem de măsură.

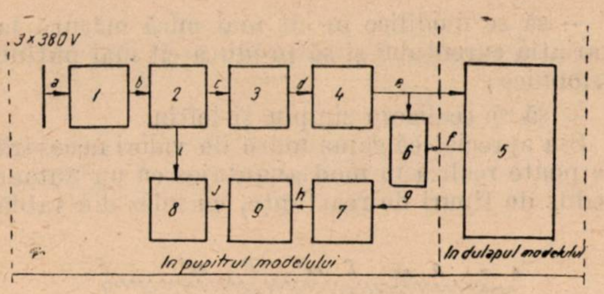

3×380V
a
b
c
d
e
f
g
h
i
j
1
2
3
4
5
6
7
8
9
In pupitrul modelului
In dulapul modelului

Fig. 2. Schema-bloc a MRT:

1 – echipament primar de comandă, comutare și control; *2* – transformator cu 36 faze; *3* – sistem de comutare pentru autotransformatoarele de reglaj fin; *4* – autotransformatoare pentru reglaj fin (20 pentru fază, 20 pentru mărime); *5* – sistemul electric modelat; *6* – 20 – voltmetre pentru control simultan, dinspre *e* sau *f*, la alegere; *7* – selector pentru punctele de măsură; *8* – sistem de interpolare de tensiune auxiliară pentru măsură; *9* – instrumente de măsură; *a* – 3 faze + nul de la sursă cu tensiune constantă, de circa 380 V; *b* – alimentarea în trifazat a transformatorului cu 36 faze (circuitul primar); *c* – 36 faze + + nul (din secundarul transformatorului cu 36 faze); *d* – alimentarea autotransformatoarelor pentru reglaj fin; *e* – 20 legături + nul la sistemul modelat și la voltmetrele de control; *f* – 20 legături la voltmetrele de control; *g* – 2× 20 legături de la jacuri; *h* – 2 fire cu tensiunea și curentul din punctul de măsură ales; *i* – 36 faze + nul; *j* – tensiune auxiliară reglabilă + nul.

Transformatorul cu 36 faze, autotransformatoarele pentru reglaj fin, întregul sistem de comandă, comutare și măsură sînt amplasate într-un pupitru situat în fața panoului.

O vedere a MRT este reprezentată în figura 1.

În continuare se prezintă detalii privind construcția modelului.

Schema electrică

Schema-bloc a modelului este reprezentată în figura 2, iar cea desfășurată – în figura 3.

Sistemul primar de comutare asigură, prin trecere de la conexiunea în paralel (poziția α) la conexiunea în serie (poziția β) a bobinelor primare ale transformatorului cu 36 faze, înjumătățirea tuturor tensiunilor din secundar. O a doua înjumătățire se realizează în mod asemănător cu un comutator dispus chiar pe transformator. Tensiunile secundare rezultă astfel de 100–200–400 V. Ele apar la bucșele *5* (fig. 3). Între ele se interpolează fin cu autotransformatoare de fază ale căror borne, scoase la bucșele *8* și *9*, se conectează cu fire flexibile la bornele *5*. La cursoarele scoase la bucșele *6* se obțin tensiuni cu faza dorită. Autotransformatoarele de modul reglează continuu valoarea tensiunii, faza rămînînd neschimbată (fig. 4). Tensiunile obținute sînt duse la bucșele de control *7* și la 20 fișe simple de la model și pot fi măsurate cu cele 20 voltmetre de control, care pot fi comutate și la alte puncte ale rețelei modelate.

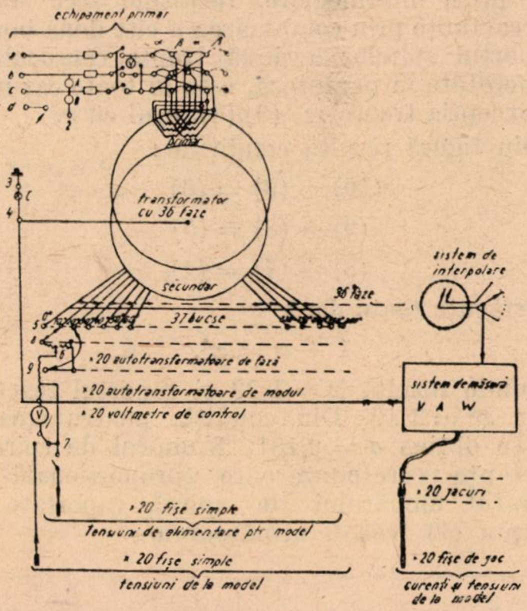

echipament primar
α β = A
a
b
c
d
1
2
A
B
primar
3
C
4
transformator cu 36 faze
secundar
36 faze
sistem de interpolare
5
37 bucșe
6
8
9
• 20 autotransformatoare de fază
• 20 autotransformatoare de modul
• 20 voltmetre de control
V
7
sistem de măsură
V A W
• 20 jacuri
• 20 fișe simple
Tensiuni de alimentare ptr model
• 20 fișe simple
tensiuni de la model
• 20 fișe de jac
curenți și tensiuni de la model

Fig. 3. Schema electrică a MRT.

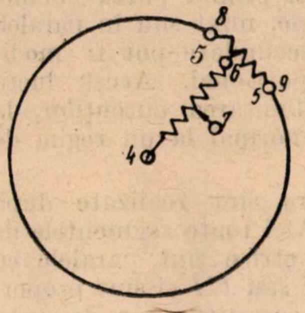


Fig. 4. Schema de conexiune a autotransformatoarelor pentru reglajul fin al fazei și modulului tensiunii de generator.

Sistemul de măsură poate fi comutat în 20 puncte ale rețelei modelate, în care s-au introdus fișe de jac. Pentru a stabili fazele unor tensiuni, sistemul de măsură este alimentat suplimentar cu o tensiune obținută de la transformatorul cu 36 de faze și un echipament de interpolare, în trepte de 1 grad.

Echipamentul de control al MRT constă dintr-un bec de semnalizare *A* pentru tensiunea de alimentare, un voltmetru pentru cele trei tensiuni înlănțuite, după siguranțe și întrerupător, un bec de semnalizare *B* pentru verificarea continuității circuitelor, care în acest scop se conectează între bucșele *1* și *2*, și un bec de semnalizare *C* pentru a indica deplasarea nulului transformatorului cu 36 faze față de pămînt, în urma unei puneri la pămînt în secundar. Punctele respective sînt scoase la bucșele *3* și *4*.

Transformatorul cu 36 faze

Pentru a realiza 20 de tensiuni, de fază și modul reglabil, spre a reproduce tensiunile interioare ale generatoarelor centralelor, a rezultat, în urma analizei făcute, ca soluția cea mai corespunzătoare, un singur transformator cu 36 faze, combinat cu 20 de perechi de autotransformatoare, conectate ca în figura 4. O asemenea sursă, fiind conectată în primar în triunghi, deci avînd toate înfășurările alimentate direct de la tensiuni simetrice și sinusoidale, asigură în secundar tensiuni:

— stabile (impedanța interioară a sursei fiind mică, rezultă căderi de tensiune interioare neglijabile);

— de mărime și defazare uniformă;

— fără armonice (dacă alimentarea se face de la o sursă sinusoidală);

— de faze suficient de apropiate (10 grade), pentru ca la reglarea fină a fazei cu un autotransformator, modulul să rămînă practic constant.

Fiecare coloană are în primar patru bobine, care pot fi legate în serie, mixt sau în paralel, astfel încît tensiunile secundare pot fi modificate simultan și proporțional. Acest lucru poate fi util, pentru limitarea curenților, la trecerea de la regimul normal la un regim de scurtcircuit.

Conexiunile secundare sînt realizate după schema din figura 5. Aici toate segmentele de drepte ale figurii geometrice sînt paralele cu una din direcțiile *I*, *II* sau *III* și sînt proporționale cu un număr corespunzător de spire dispuse pe coloanele *I*, *II* și *III* și conectate corespunzător figurii geometrice. Înaintea închiderii buclelor s-a verificat ca tensiunea între punctele care trebuiau împreunate să fie zero.

Transformatorul este încărcat mult sub limita admisă din punctul de vedere al încălzirii, pentru ca să apară drept o sursă de putere infinită la modelare. Problemele referitoare la circulația curenților în secundar și la căderile de tensiune care rezultă, precum și la simetria tensiunilor sînt discutate în anexă.

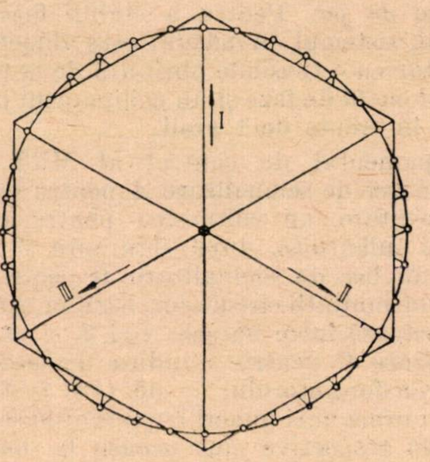


Fig. 5. Schema de conexiuni din secundarul transformatorului cu 36 faze.

Reactanțe longitudinale

Curentul nominal al modelului este de 100 mA. Elementele longitudinale sînt alese astfel, încît să suporte curentul de scurtcircuit la 100 V, însă pînă la maximum 500 mA. Consumatorii absorb curenți de la cîțiva mA pînă la 100 mA; reactanțele longitudinale sînt, corespunzător, de valori între circa 10 Ω și 100 000 Ω.

Reactanțele longitudinale ale modelului trebuie să satisfacă următoarele cerințe:

— să aibă raportul $\frac{R}{X}$ cît mai mic;

— să se modifice în cît mai mică măsură la variația curentului și să producă cît mai puține armonice;

— să se realizeze simplu și ieftin.

S-a apreciat că gama mare de valori necesară se poate realiza în mod avantajos cu un număr redus de tipuri de reactanțe, cu miez din tablă silicioasă, cu pierderi mici, avînd prize pentru reglarea grosolană și întrefier variabil pentru reglaj fin, acceptînd inconvenientul, față de un complex de reactanțe numeroase cu valori fixe, că valoarea reactanței trebuie să fie stabilită de fiecare dată prin măsurare.

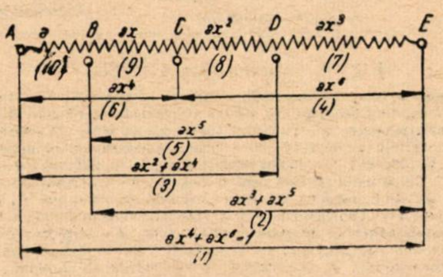


Fig. 6. Treptele reactanței longitudinale.

S-a căutat ca la un număr mic de borne să rezulte suficiente trepte de valori cu aproximație în progresie geometrică. Reglarea fină prin modificarea întrefierului δ, între un δ_{mxa} și δ_{min} (limitat constructiv pentru a satisface condiția de liniaritate și lipsa de armonice), acoperă continuu o gamă de valori în raportul 1,5...2. Corespunzător figurii 6, reactanța are trei prize intermediare, rezultînd zece trepte de reactanțe prin combinarea a cîte două borne. Raportul spirelor a două trepte consecutive, numerotate în paranteză, este în toate cazurile, cu excepția treptelor (3)/(4), egal cu x.

Din figură rezultă condițiile:

$$(10) + (9) = (6)$$

$$(9) + (8) = (5)$$

$$(8) + (7) = (4),$$

satisfăcute toate dacă

$$1 + x = x^4,$$

de unde rezultă $x = 1{,}22$ și raportul reactanțelor $x^2 = 1{,}49$. Din condiția pentru treapta (1) se obține $a = 0{,}181$. Numărul de spire și reactanța corespunzătoare (proporțională cu pătratul numărului de spire), raportate la treapta (1), vor fi următoarele:

Treapta	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Numărul de spire, %	100	82	67	60	49	40	33	27	22	18
Reactanța, %	100	67	45	36	24	16	11	7,3	4,8	3,2

La treptele superioare a rezultat $\frac{R}{X} < \frac{1}{10}$, iar la treptele inferioare $\frac{R}{X} \leqslant \frac{1}{5}$. Neliniaritatea la δ_{min} este la o variaţie a curentului în raportul 10/1 sub 10%, iar la o variație a curentului în raportul 2/1 sub 2 (...3) %.

Stabilirea valorii reactanței se face prin măsurarea tensiunii la borne, la un curent cît mai apropiat de cel din rețea, stabilit prin simplă apreciere. Impedanța la care se face reglarea diferă de reactanța dată cu $\frac{100}{2}\left(\frac{R}{X}\right)^2$%, deci la $\frac{R}{X} < \frac{1}{7}$ se poate considera $X \cong Z$, cu o eroare sub 1%.

Dacă se cere să se regleze o impedanță la valoarea $R' + jX$, se reglează întîi valoarea lui X, apoi se apreciază rezistența proprie R din raportul $\frac{R}{X}$, cunoscut cu aproximație, și se completează cu o rezistență exterioară pînă la valoarea dorită R'. Impedanța rezultantă se verifică și se ajustează, dacă este necesar, prin măsurarea tensiunii și a curentului.

Domeniul de reactanțe între 10 și 10^5 Ω se acoperă cu trei tipuri de reactanțe ($X_L' < X_L'' < X_L'''$) corespunzător tabelei 1, cu valori medii.

Reactanțele X_L''', de valoare foarte mare, pot modela la 50 Hz numai cu aproximație reactanța sincronă a generatoarelor, raportul $\frac{R}{X}$ nefiind suficient de mic pentru acest scop. Ele îşi găsesc o utilizare relativ rară.

Reactanțe transversale

Elementele transversale ale MRT sînt conectate la o tensiune apropiată de cea nominală, de 100 V. De aceea pretențiile față de liniaritatea reactanțelor transversale X_T sînt mai reduse, δ_{min} poate fi mai mic, și astfel domeniul de reglare prin modificarea întrefierului devine mai mare. De aceea bobinele au o singură priză, realizînd trei trepte, corespunzător figurii 7.

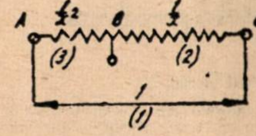


Fig. 7. Treptele reactanței transversale.

Din condiția

$$(3) + (2) = (1)$$

rezultă $x = 1{,}62$. Cele trei trepte vor avea numărul de spire, respectiv reactanțele relative, raportate la treapta (1):

Treapta	(1)	(2)	(3)
Numărul de spire, %	1	0,62	0,38
Reactanța, %	1	0,38	0,144

O subdivizare în mai multe trepte ar fi dus la apariţia unei tensiuni totale prea mari la aplicarea tensiunii de 100 V pe numărul minim de spire.

Raportul $\frac{R}{X}$ este de aproximativ $\frac{1}{5}$, astfel că Z nu diferă de X decît cu circa 2%, ceea ce uşurează reglarea reactanței prin metoda voltampermetrică, la o tensiune aplicată de 100 V.

Curentul absorbit la 100 V de cele două tipuri de reactanțe transversale necesare modelului este (în mA):

Reactanța \ Treapta		(1)	(2)	(3)
X_T'	δ_{min}	0,85	2,2	6
	δ_{max}	2,2	6	15
X_T''	δ_{min}	6	15	40
	δ_{max}	15	40	105

Curentul activ absorbit, circa $\frac{1}{5}$ din cel reactiv, se completează la valoarea cerută prin conductanțe puse în paralel, corespunzător cu indicațiile de la punctul următor.

Rezistențe, conductanțe, capacități

Rezistențele apar în schemă ca elemente longitudinale sau ca elemente transversale (conductanțe). Pentru realizarea unei valori date, se folosesc unități de 1—2—5—10—20—50—100 — 200 — 500 —1 000—2 000—5 000—10 000—20 000—50 000—100 000 Ω.

Ca elemente longitudinale, elementele de rezistență se pun în serie, folosind pentru aceasta suporți cu bucșe puse în serie, rezistențele putînd fi introduse în acestea prin bornele lor realizate prin fișe.

Ca elemente transversale, rezistențele se conectează în paralel, folosind suporți de punere în paralel. Se adună conductanțele, cărora le corespund la 100 V curenții:

R, kΩ	100	50	20	10	5	2	1
I, mA	1	2	5	10	20	50	100

Capacitățile modelului se compun prin punerea în paralel, ca la conductanțe, a unor elemente de 0,01 — 0,02 — 0,05 — 0,1 — 0,2 — 0,5 — 1 — 2 — 5 — 10 μF, cărora le corespund curenți absorbiți la 100 V și 50 Hz cuprinşi între 0,3 și 30 mA. La realizarea unei capacități rezultante date sau a unui curent capacitiv dat, este necesar, din cauza abaterilor valorilor reale ale

Tabela 1

Valorile reactanţelor, în Ω , la δ_{min} ,respectiv δ_{max}

Treapta / Reactanţa		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
X_L'	δ_{min}	170	115	75	60	40	27	19	12	8	6
	δ_{max}	90	60	40	35	22	15	10	7	5	3
X_L''	δ_{min}	4 750	3 200	1 650	1 350	900	600	400	270	180	120
	δ_{max}	2 000	1 350	900	720	480	320	210	170	100	65
X_L'''	δ_{min}	130 000	85 000	60 000	45 000	30 000	20 000	14 000	10 000	6 000	4 000
	δ_{max}	65 000	45 000	30 000	25 000	15 000	10 000	7 500	5 000	3 500	2 500

capacităţilor de la cele nominale, să se facă controlul şi corecţia valorilor compuse, măsurînd curentul absorbit la tensiunea dată (100 V).

Autotransformatoare de reţea

Transformatoarele sistemului electric se modelează prin schema lor echivalentă, stabilită pe baza raportului de transformare. Acesta este adesea diferit la transformatoare funcţionînd între aceleaşi trepte de tensiune şi diferit de raportul tensiunilor nominale al reţelelor respective. Inegalitatea rapoartelor de transformare se corectează la MRT cu autotransformatoare avînd raportul de transformare reglabil în trepte de 0,5 % în limitele de ±20,5 %.

Figura 8 reprezintă schema unui asemenea autotransformator. Un raport de transformare dat se obţine prin legarea corespunzătoare a secundarului cu primarul. Astfel, pentru exemplificare, s-a indicat în figură felul cum se realizează raportul de transformare de 100/92,5 %.

Curentul în gol I_0 şi tensiunea de scurtcircuit U_{sc} a autotransformatorului, deşi nu sînt prea mari, se recomandă totuşi să fie luate în considerare la alegerea parametrilor elementelor vecine ale schemei.

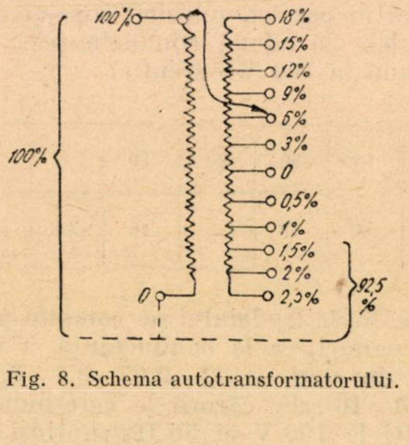


Fig. 8. Schema autotransformatorului.

S-au construit două tipuri de autotransformatoare, avînd următoarele caracteristici :

I_n mA	I_0, mA	$U_{sc_n\,max}$, V
10	1	1,5
100	5	1,5

Consumatorii care au putere independentă de tensiune se conectează în MRT prin intermediul unui autotransformator, la care se controlează şi se menţine tensiunea secundară la valoarea de 100 V.

Conexiuni

Amplasarea elementelor de reţea în sertarele modelului corespunde amplasării lor în reţea.

Figura 9 reprezintă echiparea unui sertar. În interior se realizează schema echivalentă, care se conectează la bucşele de intrare-ieşire *1* şi *2* şi la cea de nul *3*. După reglare, sertarul, fiind puţin tras afară pentru ca elementele să fie accesibile, se introduce complet, iar apoi se fac legăturile electrice exterioare între sertare şi la nul cu fire flexibile. Se introduc, de asemenea, şi firele U de alimentare cu tensiune (fig. 10) şi fişele de măsură. Plăcile frontale acoperă elementele de model cuprinse în sertar, dar poartă în faţă simbolurile corespunzătoare, care formează o schemă continuă. În figura 10, schema simbolică corespunde schemei electrice reprezentată deasupra şi realizată în interiorul dulapului, numai legăturile electrice fiind exterioare.

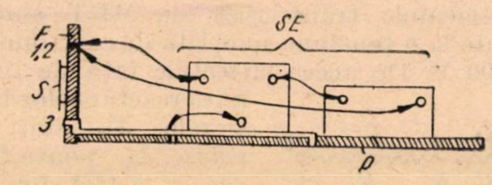


Fig. 9. Echiparea unui sertar :

p – placă de bază ; *F* – placă frontală ; *S* – simbol ; *SE* – elementele cu care se realizează schema echivalentă ; *1,2* – bucşe de trecere pentru legături longitudinale ; *3* – bucşă de trecere pentru legare la nul.

Se remarcă faptul că nulurile diferitelor etaje nu sînt în legătură permanentă. În felul acesta există posibilitatea realizării independente și a interconectării rețelelor de secvență directă, inversă și homopolară.

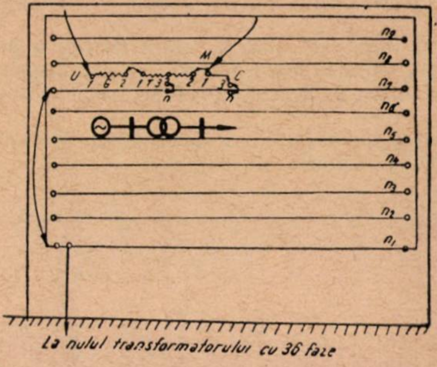


Fig. 10. Compunerea schemei la MRT:
G – generator; T – transformator; C – consumator; U – alimentare cu tensiune; M – fișă pentru măsură.

Instalația de măsură

Instalația de măsură a modelului trebuie să nu modifice regimul inițial. De aceea la MRT s-a admis o cădere de tensiune de maximum 0,1 V și un curent derivat de maximum 0,1 mA. Domeniul de măsură este: 1 — 400 V, 1—500 mA (la 1 V și 1 mA rezultînd încă deviația maximă la wattmetru). Wattmetrul electronic indică puteri active și reactive și poate fi indicator de nul pentru defazajul de 90°, respectiv 0°. Folosind o tensiune auxiliară cu fază cunoscută (fig. 2 și 3), se pot determina astfel faze de tensiuni sau curenți. Combinația celor trei instrumente de bază (voltmetru, ampermetru, wattmetru) permite să se determine și componentele tensiunilor după curenți sau componentele — activă și reactivă — ale curenților.

Aprecieri

Precizia determinărilor pe MRT este limitată de:

— erorile instrumentelor de măsură;

— neliniaritatea reactanțelor;

— erori la reglarea elementelor;

— modelarea inexactă a transformatoarelor mari și a reactanțelor generatorului din cauza raportului $\frac{R}{X}$ insuficient de mic;

— consumul propriu al autotransformatoarelor de rețea.

Din cauzele arătate pot să apară erori de 1...2%, sau chiar mai mari, dacă nu se lucrează cu atenție. Tensiunea de alimentare se presupune constantă, simetrică și sinusoidală.

Datorită surselor de erori arătate, modelul prezintă limitări din punctul de vedere al aplicabilității la rezolvarea problemelor de stabilitate dinamică. El este însă o unealtă utilă și suficient de rapidă și precisă pentru rezolvarea celor mai importante probleme de proiectare și de exploatare a sistemelor electrice, cum ar fi: determinarea circulației de puteri, matrice de impedanțe și de admitanțe, stabilitatea sistemelor (statică, dinamică), căderi de tensiune, scurtcircuite, regimuri nesimetrice, regimurile liniilor lungi, repartizarea optimă a puterilor active și reactive pe centrale [6], [7].

Manevrarea modelului este comodă. Ea este mult ușurată prin faptul că amplasarea elementelor și punctele de măsură sînt indicate direct prin schema simbolică de pe panoul frontal al dulapului.

Numărul elementelor modelului permite rezolvarea problemelor referitoare la rețele de extindere mijlocie.

Anexă *

În cele ce urmează se vor examina fenomenele fundamentale care determină obținerea la transformatorul cu 36 faze a unor tensiuni simetrice, avînd erori cît mai mici, în funcție de condițiile de alimentare și de încărcare a transformatorului. Pentru aceasta se studiază influența alimentării transformatorului cu tensiuni nesimetrice și repartizarea curentului de sarcină în înfășurări, de unde rezultă încălzirea și căderile de tensiune.

1. *Alimentarea transformatorului cu tensiuni nesimetrice*

Sistemul de tensiuni înlănțuite de alimentare nesimetrice se poate descompune în două sisteme de tensiuni simetrice de secvență directă și inversă. Succesiunii directe, respectiv inverse, din primar îi va corespunde în secundar tot un grup de tensiuni simetrice (legate prin raportul de transformare pe fază) de aceeași secvență.

Pentru faza de referință a avem:

$$\bar{U}_a = \bar{U}_{a_1} + \bar{U}_{a_2} = U_1 e^{j\delta_1} + U_2 e^{j\delta_2},$$

iar pentru faza α:

$$\bar{U}_\alpha = \bar{U}_{\alpha_1} + \bar{U}_{\alpha_2} = \bar{U}_{a_1} e^{-j\alpha} + \bar{U}_{a_2} e^{j\alpha} = \bar{U}_1 e^{j(\delta_1-\alpha)} +$$

$$+ U_2 e^{j(\delta_2+\alpha)} = e^{j\frac{\delta_1+\delta_2}{2}} \left[U_1 e^{-j\alpha'} + U_2 e^{j\alpha'} \right] =$$

$$= e^{j\frac{\delta_1+\delta_2}{2}} \left[(U_1 + U_2) \cos \alpha' - j (U_1 - U_2) \sin \alpha' \right], \qquad (1)$$

unde $\alpha' = \alpha - \frac{\delta_1 - \delta_2}{2}$.

Expresia obținută reprezintă o elipsă (fig. 11), cu semiaxele:

$$a = U_1 + U_2$$

$$b = U_1 - U_2 .$$

Notînd cu λ gradul de asimetrie al tensiunilor de alimentare, ecuația elipsei va fi, în coordonate polare avînd originea în centrul elipsei (fig. 11):

$$U_\alpha = \frac{U_1^2 - U_2^2}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 - 2\, U_1 U_2 \cos 2\varphi}} =$$

$$= U_1 \frac{1 - \lambda^2}{\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos 2\varphi}}. \qquad (2)$$

---

* întocmită de ing. Ç. Bucea și O. Crișan, asistenți la disciplina de centrale și rețele electrice a Facultății de electrotehnică de la Institutul politehnic din Timișoara.

Pe de altă parte, din (1) rezultă:

$$U_\alpha = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2\,U_1\,U_2 \cos 2\,\alpha'} =$$
$$= U_1 \sqrt{1 + \lambda^2 + 2\,\lambda \cos 2\,\alpha'}\,. \tag{3}$$

La trecerea de pe o priză pe alta, U_α trebuie să rămînă constant. În realitate, din (3) se obține:

$$\frac{dU_\alpha}{U_\alpha\, d\alpha'} = -\,\frac{2\,\lambda \sin 2\,\alpha'}{1 + \lambda^2 + 2\,\lambda \cos 2\,\alpha^2} \cong -\,2\,\lambda \sin 2\,\alpha', \text{ (la asimetrii mici)} \tag{4}$$

cu valoarea maximă la

$$\cos 2\,\alpha' = -\,\frac{2\lambda}{1 + \lambda^2} \cong -\,2\,\lambda \;(\alpha' \cong 45°)$$

egală cu

$$\left(\frac{dU_\alpha}{U_\alpha\, d\alpha'}\right)_{max} = \frac{\pm\,2\,\lambda}{1 - \lambda^2} \cong \pm\,2\,\lambda. \tag{5}$$

La un unghi de 1° rezultă variația relativă de tensiune de cel mult

$$2\,\lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot 100 = 3{,}5\,\lambda\,\%.$$

Indicele α' al prizei de pe transformator nu indică faza reală φ a tensiunii. Egalînd cele două expresii obținute pentru U_α (2) și (3), se obține φ funcție de α'. Pentru a vedea cum diferă cele două unghiuri, se calculează (vezi triunghiul OAB din figura 11):

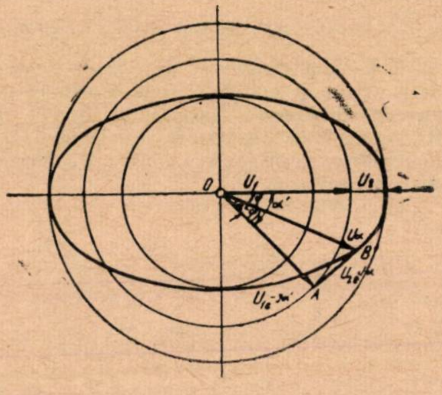


Fig. 11. Elipsa obținută ca loc geometric al tensiunilor secundare la alimentare nesimetrică.

$$\cos(\alpha' - \varphi) = \frac{U_1^2 - U_2^2 + U_\alpha^2}{2\,U_1\,U_\alpha} = \frac{1 + \lambda \cos 2\,\alpha'}{\sqrt{1 + \lambda^2 + 2\,\lambda \cos 2\alpha'}}. \tag{6}$$

Curba $\alpha' - \varphi = f(\alpha')$, reprezentată în figura 12, prezintă la $\cos 2\,\alpha' = -\,\lambda$ valoarea maximă:

$$(\alpha - \varphi)_{max} = \text{arc}\,\sin \lambda \cong \lambda, \tag{7}$$

sau

$$(\alpha - \varphi)_{max} \cong \frac{180}{\pi}\,\lambda = 57{,}3\,\lambda \text{ grade.} \tag{8}$$

Afară de eroarea de fază absolută, calculată mai sus, este de interes, la defazaje mici, și „dilatarea" (sau „contractarea") relativă a unghiurilor de defazare:

$$\frac{d(\alpha' - \varphi)}{d\alpha'} = \frac{2\,\lambda\,(\lambda + \cos 2\,\alpha')}{1 + \lambda^2 + 2\,\lambda \cos 2\,\alpha'}. \tag{9}$$

Ea are valoarea maximă la $\alpha' = 0$:

$$\left(\frac{d(\alpha' - \varphi)}{d\alpha'}\right)_{max} = \frac{2\,\lambda}{1 + \lambda} \cong 2\,\lambda. \tag{10}$$

Se remarcă, din (5), (7) și (10), că erorile relative sînt mai mici decît 2λ (respectiv decît λ).

Relația (9) este utilă și pentru stabilirea corecției unghiului de fază.

Figura 12 reprezintă variația erorii relative a modulului tensiunii (4), variația erorii de fază (6) și „dilatarea" relativă a unghiurilor de defazare (9) funcție de unghiul de fază α'.

Încercările experimentale au dat rezultate în deplină concordanță cu dezvoltările de mai sus.

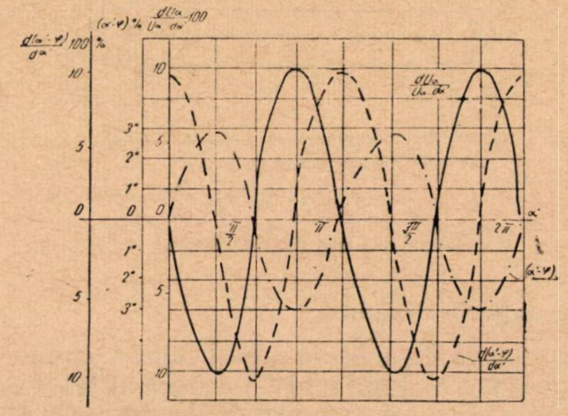


Fig. 12. Curbe de erori pentru $\lambda = 0{,}05$.

2. *Repartizarea curenților în înfășurările secundare*

Se consideră cazul extrem al încărcării unei singure faze secundare (din cele 36).

La rezolvarea problemei s-au făcut două ipoteze simplificatoare:

a) Se consideră în calculul circulației curenților numai rezistențele (reactanțele de dispersie sînt considerate proporționale cu rezistențele; apar numai reactanțe de dispersie, pe lîngă rezistențe, pentru că primarul are conexiunea în triunghi).

b) Se consideră că rezistența R' este egală cu rezistența R (fig. 13, *a*).

Ipoteza aceasta are ca scop de a evita un calcul foarte complicat.

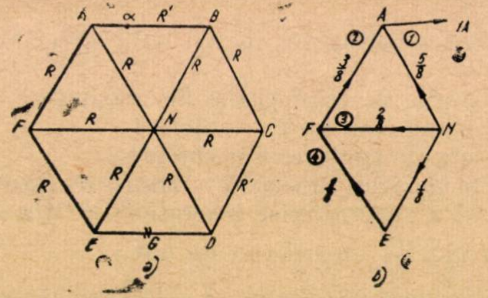


Fig. 13. Schema de conexiuni și circulația curenților.

Pentru calculul repartizării curenților se determină rezistența echivalentă a circuitului.

Se presupune sarcina alimentată între punctele N și α (fig. 13, *a*). În ramura ED, opusă punctului de alimentare, curentul este foarte mic, din care cauză circuitul se consideră întrerupt în punctul G.

Rezistența echivalentă între punctele N și A prin punctele E și F rezultă egală cu $\frac{5}{8}R$, sau dacă se consideră rezistenţele în unităţi relative, cu rezistenţa R a unei ramuri drept unitate, avem:

$$R_{NEFAN} = R_{NDCBN} = \frac{5}{8}. \qquad (11)$$

Dacă se consideră numai ramura din stînga şi se presupune că în A curentul este de 1A, se obţin pentru celelalte ramuri curenţii din figura 13, *b*, iar în general:

$$I_i = k_i \, I_{A\alpha}, \qquad (12)$$

unde k_i este coeficientul de repartiţie pentru ramura i, iar $I_{A\alpha}$ este curentul ce pleacă din A.

Coeficienţii k_i au valorile:

i	1	2	3	4
k_i	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{1}{8}$

Curenţii se repartizează pe ramuri invers proporţional cu rezistenţele. Notînd:

$$R_{A\alpha} = x$$

$$R_{B\alpha} = 1 - x,$$

rezultă

$$I_{A\alpha} = I \frac{1 - x + \frac{5}{8}}{\left(1 - x + \frac{5}{8}\right) + \left(x + \frac{5}{8}\right)} = 0{,}444\, I (1{,}625 - x);$$

din care, ţinînd seamă de (12), se obţine:

$$I_i = 0{,}444 \; I \, k_i \, (1{,}625 - x),$$

sau

$$\frac{I_i}{I} 100 = \frac{400}{9} k_i \, (1{,}625 - x) \;\%. \qquad (13)$$

În figura 14 s-a reprezentat grafic pentru ramurile i:

$$I_i \% = f(x).$$

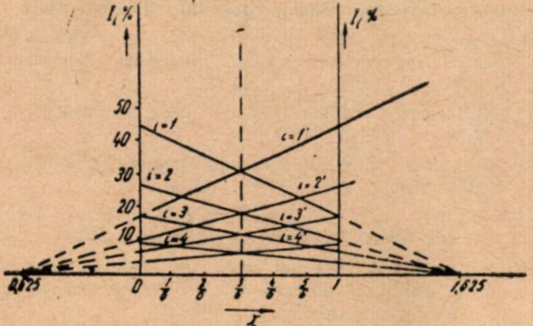


Fig. 14. Variaţia curentului din ramuri funcţie de poziţia punctului de încărcare.

În cazul ramurii din dreapta a circuitului, calculul este analog şi se obţine:

$$I_i \% = \frac{400}{9} k_i \, (0{,}625 + x). \qquad (14)$$

Cu ajutorul diagramei din figura 14 se poate determina repartizarea curenţilor la o încărcare asimetrică oarecare a transformatorului.

Pentru a determina căderea de tensiune la încărcare asimetrică, este necesar să se cunoască valoarea rezistenţei între punctele α şi N.

În cazul cînd α este în A, circuitul se desface de-a lungul dreptei AD (fig. 15, *a*), iar rezistenţa R_{ND} se înlocuieşte cu două rezistenţe de valoare dublă, legate în paralel, şi se determină rezistenţa din aproape în aproape.

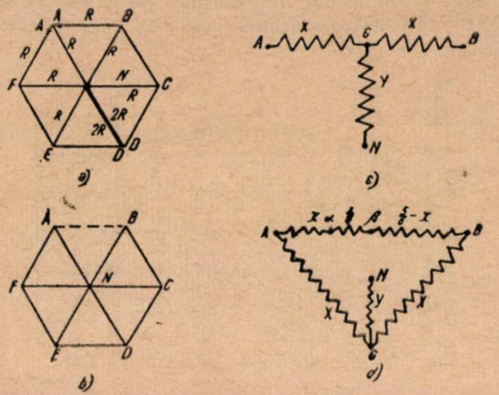


Fig. 15. Scheme auxiliare.

Se obţine:

$$R_{AN} = \frac{9}{20}. \qquad (15)$$

Rezistenţa $R_{\alpha N}$ se determină transformînd schema complexă într-un cvadripol pasiv în T (fig. 15, *b* şi *c*). Figura este simetrică, deci se poate considera că punctul G are acelaşi potenţial cu N. Valoarea rezistenţei X, respectiv Y, se obţine deci prin rezolvarea circuitului complex:

$$X = \frac{11}{18}$$

$$Y = \frac{1}{144}. \qquad (16)$$

Astfel, rezultă cvadripolul din figura 15, *d*. Din aceeaşi figură rezultă şi felul cum se presupune divizată latura AB.

Se poate scrie:

$$R_{\alpha N} = \frac{(x + X)(1 - x + X)}{1 + 2X} + Y. \qquad (17)$$

Pe de altă parte

$$R_{AN} = R_{\alpha N\,(x=0)} = \frac{X + X^2}{1 + 2X} + Y.$$

Prin urmare

$$R_{\alpha N} = \frac{-x^2 + x}{1 + 2X} + R_{AN}, \qquad (18$$

unde R_{AN} şi X sînt date prin relaţiile (15), respectiv (16). Înlocuind valorile lui R_{AN} şi X în relaţia (18), se obţine:

$$R_{\alpha N} = 0{,}45 \, (x - x^2 + 1) \qquad (19)$$

(vezi fig. 16).

Rezistenţa echivalentă a secundarului tranformatorului între două puncte vecine se calculează pe baza figurii 15, *d*, determinînd rezistenţa echivalentă $R_{e\alpha\beta}$ între punctele α şi β, obţinută prin punerea în paralel a rezistenţei $R_{\beta BGA\alpha}$ cu rezistenţa $R_{\alpha\beta} \cdot \left(R_{\alpha\beta} = \frac{1}{6}\right)$.

Se obţine:

$$R_{e\alpha\beta} = \frac{1}{6,5}\cdot \qquad (20)$$

Pentru a avea tensiuni cu fază variabilă, între două puncte vecine ale secundarului transformatorului cu 36 faze se conectează un autotransformator reglabil continuu sub sarcină.

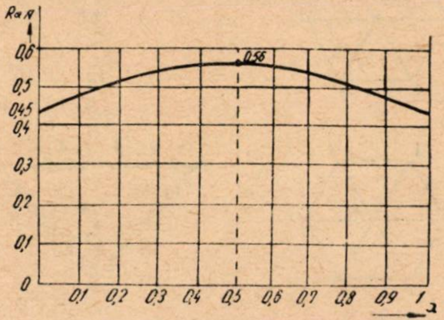


Fig. 16. Variaţia rezistenţei interioare a transformatorului cu 36 faze funcţie de poziţia punctului de încărcare.

Căderea de tensiune pe autotransformator este:

$$\Delta U_A = R_{e\alpha\beta}\cdot R\cdot C\,\frac{U}{Z_i}, \qquad (21)$$

unde

ΔU_A este căderea de tensiune la bornele autotransformatorului;
U — tensiunea de funcţionare a modelului;
$R_{e\alpha\beta}$ — rezistenţa echivalentă între punctele α şi β în unităţi relative (20);
$R=0,4$ — (vezi fig. 13);
$C\cong 2,5$ — raportul dintre impedanţa şi rezistenţa măsurată, rezultînd pe baza încercărilor efectuate (vezi mai jos);
$Z_i\cong 100\Omega$ — impedanţa interioară a autotransformatorului pentru reglarea fazei.

Deci:

$$\Delta U_A\ \% = \frac{100}{6,5}\,0,4\cdot 2,5\,\frac{1}{100} \cong 0,15\,\%.$$

Aşadar, căderea de tensiune tangenţială este foarte mică.

Între cursorul autotransformatorului, care reglează faza tensiunii, şi nulul transformatorului cu 36 faze, se conectează un autotransformator reglabil continuu sub sarcină, care permite modificarea mărimii tensiunii (vezi fig. 4). Curentul absorbit de acest autotransformator este $I\cong 2$ A, şi deci căderea de tensiune în procente din tensiunea de funcţionare a modelului rezultă:

$$\Delta U_{max}\% = \frac{I\cdot R_{max}}{U}\,100,$$

cu

$$R_{max} = R_{\alpha N\,max}\cdot R\cdot C,$$

unde

$$R_{\alpha N\,max} = 0,56,$$

iar R şi C au aceeaşi semnificaţie ca şi în relaţia (21). Prin urmare:

$$\Delta U_{max}\ \% = \frac{2\cdot 0,56\cdot 0,4\cdot 2,5\cdot 100}{200} \cong 0,56\,\%;$$

deci căderea relativă de tensiune radială rezultă şi ea suficient de mică.

În concluzie, din calcule se vede că în transformator căderile de tensiune sînt foarte mici, ceea ce a fost de fapt o condiţie iniţială la proiectare.

Încercările experimentale au decurs astfel:

1. S-au efectuat, în curent continuu, măsurători de rezistenţe echivalente între diferite puncte ale secundarului transformatorului. Rezultatele experimentale diferă de cele calculate cu maximum 5%. Diferenţa între rezistenţele măsurate şi cele calculate se datoreşte simplificărilor făcute în calcul prin neglijarea rezistenţelor înfăşurărilor suplimentare cu un număr redus de spire.

2. S-au efectuat încercări cu curent alternativ pentru a vedea influenţa reactanţelor de dispersie, neglijate iniţial în calcul. Pentru aceasta s-a alimentat transformatorul în secundar cu tensiune redusă monofazată, primarul fiind scurtcircuitat, iar impedanţele între diferite puncte ale secundarului s-au determinat cu metoda voltampermetrică.

S-au găsit astfel valorile coeficienţilor $C = \frac{Z}{R}$, în care R este rezistenţa măsurată în curent continuu:

R, Ω	0,29	0,33	0,44	0,47
C	2,05	2,28	2,89	3,08

Se constată că C are valoarea medie de 2,5, faţă de care prezintă variaţii de ±20%. Acest procentaj este o indicaţie pentru precizia rezultatelor calculelor de mai sus, la care impedanţele s-au considerat proporţionale cu rezistenţele.

Bibliografie

[1] Azarev, D. I. *Matematiceskoe modelirovanie elektriceskih sistem*. Gosenergoizdat, Moscova, 1962.

[2] Ignacz, P., Lengyel, G. *A hazai hálózati modell feladatai és szerkezeti megoldása*. Elektrotechnika nr. 2, 1954, p. 3—20.

[3] *** *Netzmodelle*. Elektrotechnik und Maschinenbau, nr. 7/8, 1956, p. 137—180.

[4] Kimbark, E. W. *Power System Stability*, vol. I. John Wiley & Sons, New York, 1953.

[5] Kaminski, A. *Stabilität des elektrischen Verbundbetriebes*. VEB Verlag Technik, Berlin, 1959.

[6] Semlyen, A. *Determinarea pe model a repartizării optime a sarcinii între centrale, ţinînd seamă de pierderile în reţea*. Energetica nr. 2, 1961.

[7] Semlyen, A. *Probleme privind determinarea repartizării optime a puterilor între centrale cu un calculator analogic*. Energetica nr. 6, 1962, p. 258—262.

Metode noi în montajul centralelor electrice

Ing. **DAN FILITTI**

Construirea și amplificarea centralelor electrice din țara noastră cu unități energetice din ce în ce mai mari, folosind agregate cu puteri de 100 MW și mai mari, au impus tehnologii noi în metodele de montaj.

În lucrarea de față se prezintă cîteva aspecte de la CTE Luduș, la care agregatele ce se montează au puteri de 100 MW, fiind legate în bloc cazan-turbină cu următorii parametri :

— cazan de 320 t/h, 140 ata și 545/545°C ;

— turbină de 100 MW, cu supraîncălzire intermediară după corpul de înaltă presiune.

În baza înțelegerii cu furnizorii de echipament, tehnologia de montaj pentru aceste agregate s-a elaborat în R.P.R., și ca urmare tehnicienii și inginerii șantierului de montaj au fost puși în situația de a găsi soluții și metode noi față de agregatele montate anterior.

La aplicarea acestor metode, o contribuție însemnată au avut și specialiștii din R.S.C., prin ajutorul dat cu ocazia avizării soluțiilor și apoi la punerea lor în aplicare.

1. Dintre metodele noi, aplicate la șantierul Luduș, cităm următoarele :

1. 1. La montarea condensatorului, de exemplu, a apărut o serie de probleme legate de forma, greutatea, dimensiunile și mai ales de poziția în care se afla pe vagon la sosirea pe șantier.

Pentru a nu depăși gabaritul maxim admis la transportul pe calea ferată, condensatorul a fost trimis demontat în următoarele piese componente : corp, compensator, picioare, cameră de apă, dom, reducție, tronson de legătură, nervuri etc.

Așezarea corpului pe vagon era de așa natură încît, pentru a putea fi montat în poziția de funcționare, condensatorul trebuia rotit cu 180° în plan vertical, în jurul axei longitudinale.

S-au propus de către specialiștii străini două metode :

— macara-portal de 10 t cu macara C.F. de 10 t, sau

— macara-portal de 10 t cu macara Kirov de 15 t pe șenile.

Din cauza greutății corpului (20 t), precum și din cauza lungimii mari (aproximativ 6,5 m), această problemă nu se putea rezolva în condiții optime cu ajutorul metodelor sus-menționate.

Ca urmare, specialiștii romîni au propus o metodă cu totul originală, și anume : răsucirea condensatorului cu ajutorul podului rulant, 50/8 tf, din sala mașinilor, folosind cele două cîrlige.

Singura dificultate era aceea a supraîncărcării cîrligului mic de la 8 tf (sarcină de funcționare) pînă la sarcina maximă ce urma să-i revină în timpul răsucirii (aproximativ 10 tf).

În urma verificării cu atenție a mecanismelor de ridicare a podului rulant și reglînd frîna cîrligului mic pentru a face față unei sarcini sporite, s-a trecut la executarea operației de răsucire.

Schema legăturilor este redată în figura 1.

După cum rezultă din figurile 1, 2 și 3, pentru a se putea răsuci condensatorul era necesară combinarea mișcării de ridicare a cîrligului mare cu mișcarea de coborîre a cîrligului mic și cu mișcarea de translație a căruciorului, pentru a se putea asigura în permanență contactul condensatorului cu planșeul de beton armat.

Acest contact s-a obținut prin intermediul unor calaje, de preferință țevi de înaltă presiune cu diametrul de 219, care să permită condensatorului să se deplaseze, prin alunecare, pe porțiuni mici. Această metodă, experimentată cu rezultate bune la primul condensator, a fost ulterior folosită la toate cele șase condensatoare.

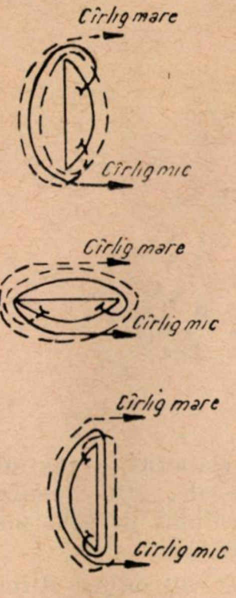


Fig. 1

Fig. 2.

1. 2. O altă metodă nouă, folosită la montaj, a fost introducerea și ridicarea podului rulant de 50/8 tf — 33,5 m deschidere, destinat sălii turbinelor. Este necesar să amintim că pînă acum, la montarea podurilor rulante (din sala turbinelor la centralele electrice) existente la noi, echipamentul se aducea în sala mașinilor pe calea ferată, care intra în sală, ridicarea

făcîndu-se fie cu ajutorul unor tachelaje executate pe scheletul de beton (frecvent), fie cu ajutorul unor bigi de montaj (mai rar).

La centrala Luduş, din cauza unor condiţii speciale impuse de stadiul avansat al lucrărilor de construcţii, precum şi de lipsa unor utilaje sau instalaţii speciale, s-a elaborat o metodă nouă, potrivit condiţiilor locale, atît pentru introducerea tronsoanelor podului în sala maşinilor cît şi pentru ridicarea lui.

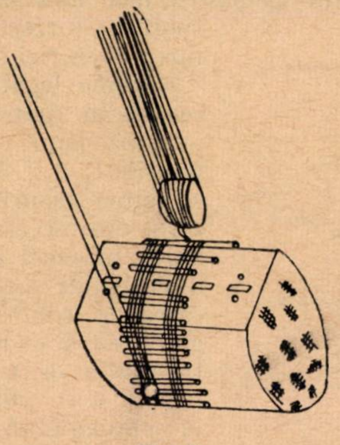


Fig. 3.

Astfel, tronsoanele au fost introduse direct la cota 8,00, lateral, dinspre cazan, cu ajutorul macaralei-turn (40 tf—36 m rază de acţiune) şi al unui tachelaj amplasat pe şirul de stîlpi de beton opus cazanului. Schema este redată în figura 4.

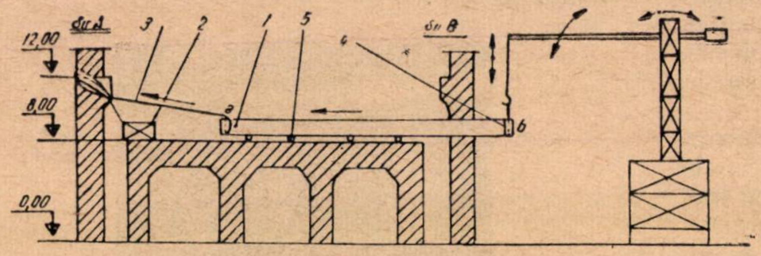


Fig. 4:
— tronson pod rulant; *2* — troliu 3 t; *3* — tachelaj; *4* — legătură la cîrligul macaralei-turn; *5* — role ∅ 219 × 5 m.

Cu ajutorul macaralei-turn, prin lăsarea braţului în jos şi ridicarea corespunzătoare a cîrligului, tronsonul de pod rulant este introdus pe fundaţia turbinei la cota 8,00, pînă cînd cablurile cîrligului ating stîlpii de pe şirul *B*.

În acest moment, tronsonul se calează la cota 8,00 şi se modifică legăturile. De capul *a* se leagă tachelajul de pe şirul *A*, iar de capul *b* — cîrligul macaralei-turn.

Cu ajutorul tachelajului *A* (de pe şirul *A*) se deplasează tronsonul spre şirul *A*, iar cu ajutorul cîrligului se ţine capul *b* suspendat, pentru a micşora forţa de tracţiune necesară tachelajului *A*. Operaţia se consideră terminată în momentul în care tronsonul se află în poziţie de ridicare pe cota 8,00.

În vederea ridicării podului, s-a folosit o metodă care constă în utilizarea unei bigi (stîlp de montaj) pentru capătul dinspre şirul *A* al tronsonului şi a macaralei-turn pentru corpul dinspre şirul *B*. Această metodă a fost impusă de două considerente, şi anume:

— la proiectarea scheletului de beton al sălii turbinelor nu s-a ţinut seamă de nici un fel de sarcini de montaj;

— stîlpii de pe şirul *A* sînt dimensionaţi mai robust decît stîlpii de pe şirul *B*.

Schema de ridicare este redată în figura 5.

Întrucît, dacă s-ar ridica tronsonul prin translaţie, lungimea lui ar depăşi deschiderea utilă a sălii turbinelor, la cota căii de rulare, este necesară ridicarea lui într-o poziţie înclinată. În schema din figura 5 sînt redate patru dintre cele mai importante faze.

După ridicarea primului tronson, acesta se deplasează de-a lungul căii de rulare, pentru a permite ridicarea celui de-al doilea tronson. Urmează operaţiile clasice de montare a căruciorului, cabinei etc.

1.3. Tot pentru montarea echipamentului din sala maşinilor, şi anume pentru montarea statorului generatorului — piesă care cîntăreşte aproximativ 120 t — s-a folosit o metodă nouă, care presupune un utilaj special construit: dispozitiv pentru descărcarea şi montarea statorului generatorului.

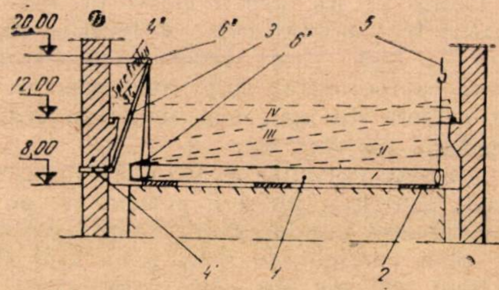


Fig. 5:
1 — tronson pod rulant 27 t; *2* — calaj traverse; *3* — bigă 30 t/16 m; *4',4''* — — ancorajele bigei; *5* — cîrligul macaralei-turn 15 t×40 m; *6',6''* — scripeţi pentru corpul *A*, 3 role — 20 t.

Sala turbinelor este echipată cu un pod de 50 t, deşi piesa cea mai grea — statorul generatorului — cîntăreşte circa 120 t. Acest lucru se datoreşte faptului că nu se justifică, ca pentru o singură operaţie — montajul statorului —, să se imobilizeze un pod rulant puternic, şi ca urmare este necesar să se adapteze un utilaj mobil, care să fie folosit numai la montaj.

În consecinţă, nedimensionarea podului rulant pentru ridicarea statorului generatorului şi rezolvarea acestei probleme cu o macara pentru statorul generatorului — macara care urmează să se deplaseze de la o turbină la alta și de la un șantier la altul — reprezintă soluția optimă din punct de vedere tehnico-economic.

Macaraua (dispozitivul sus-menționat) este compusă dintr-o cale de rulare exterioară și una interioară, amplasate la cota 8,00, pe care circulă un cărucior. Calea ferată, pe care se aduce statorul, trece pe sub calea exterioară de rulare a macaralei. Căruciorul ridică statorul de pe vagon, îl răsucește într-o poziție perpendiculară pe axa longitudinală a sălii mașinilor, îl ridică pînă la cota 8,00, cotă la care urmează să fie montat, și îl introduce în sală, printr-o deschidere special amenajată în peretele de pe șirul *A*. În continuare, statorul este așezat în poziție de montaj.

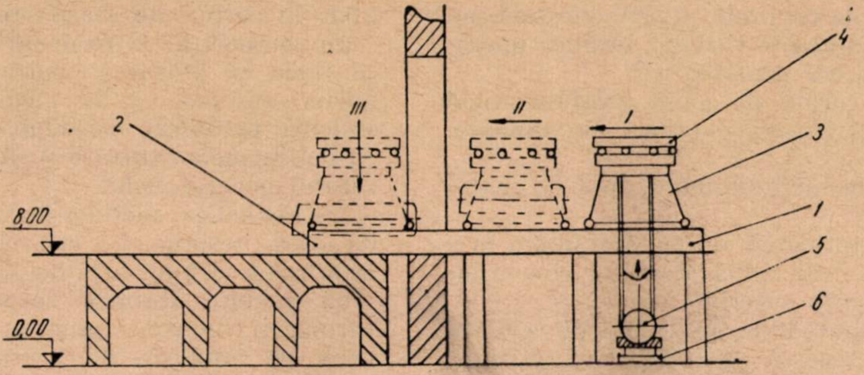


Fig. 6:

1 — cale de rulare exterioară; 2 — cale de rulare interioară; 3 — cărucior cu posibilitate de translație manuală; 4 — turelă cu posibilitate de rotire manuală; 5 — stator; 6 — cale ferată (pentru stator și transformatoare).

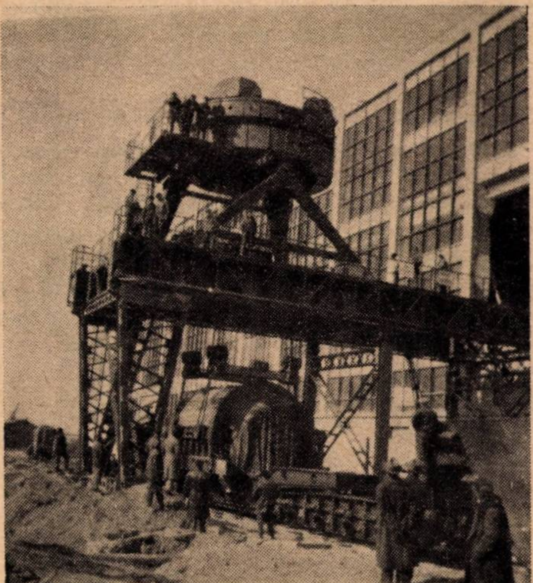


Fig. 7.

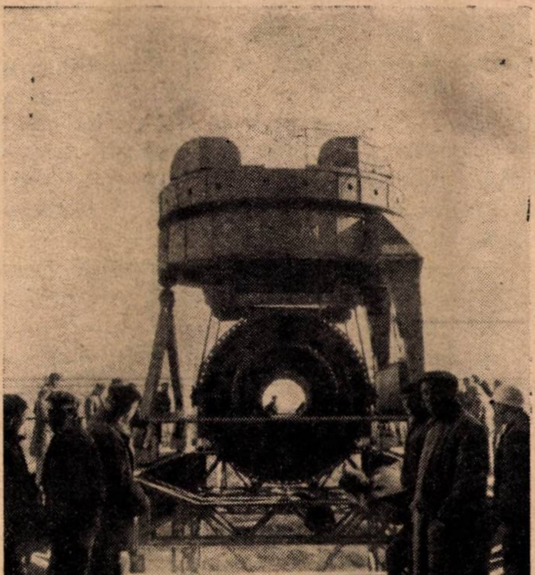


Fig. 8.

În figura 6 sînt indicate trei dintre cele mai însemnate faze de montaj al statorului. Este de menționat că, după montarea statorului generatorului, macaraua suferă o translație la turbogeneratorul următor.

În figurile 7 și 8 se observă cele mai importante faze de montaj (ridicare, răsucire și transport al statorului de pe vagon pînă în poziția definitivă).

Macaraua descrisă mai sus este folosită și la centrarea statorului după rotorul generatorului. Avantajul pe care îl prezintă centrarea cu ajutorul acestei macarale, față de centrarea cu ajutorul podului rulant, constă și în faptul că asupra fiecărui punct de ancorare, din cele patru ale statorului, se poate acționa independent (în cazul folosirii macaralei de 150 t).

La centrarea cu ajutorul podului rulant, cîrligul mare fiind dublu, cele patru puncte de ancorare se echilibrează două cîte două.

Totodată, pe toată durata introducerii statorului în sala maşinilor, a aşezării lui pe rame şi a centrării, podul rulant poate fi folosit la alte lucrări de montaj.

1.4. În ceea ce priveşte montarea turbinelor cu abur, metoda aplicată la CTE Luduş este diferită de cele folosite pînă acum în centralele noastre electrice.

Pînă la acest tip de turbină, la noi în ţară s-au montat turbine de cel mult 50 MW, cu unul sau două corpuri. La aceste turbine, ordinea operaţiilor de centraj era următoarea :

— se centra corpul de joasă presiune după coardă, linial şi nivelă, eventual şi dinamometre ;

— se centra în mod similar corpul de înaltă presiune ;

— se aşezau rotoarele de joasă şi înaltă presiune, care se centrau după alezajele corpurilor respective (centrate anterior) ;

— se centrau rotoarele, unul faţă de celălalt, după cuplă. Această metodă, deşi greoaie, nu prezintă inconveniente prea mari la turbine mici, cu unul sau cel mult două corpuri.

Dificultatea metodei constă în faptul că este necesară centrarea rotoarelor în acelaşi timp după corpurile centrate anterior şi între ele, după cuplă, trebuind să se obţină anumite valori, recomandate fie de către fabrica furnizoare, fie de către literatura tehnică de specialitate.

Aplicată la turbine mari, cu mai multe corpuri, această metodă conduce la o lungire a termenelor de montaj.

Pentru acest motiv, s-a folosit, la turbina de 100 MW cu trei corpuri, o metodă nouă, avînd următoarea ordine a operaţiilor de centraj :

— se centrează corpul de joasă presiune, după coardă, linial şi nivelă (centrul corpului de joasă presiune reprezintă punctul fix al turbinei, în timpul dilatărilor) ;

— se centrează rotorul de joasă presiune după alezajele corpului de joasă presiune (centrat anterior) ;

— se centrează rotorul de medie presiune după cupla rotorului de joasă presiune (centrat anterior) după deplasarea lagărului nr. 2 ;

— se centrează rotorul de înaltă presiune după cupla rotorului de medie presiune (centrat anterior) prin deplasarea lagărului nr. 1 ;

— se verifică pantele liniei de rotoare ;

— se centrează corpul de medie presiune după rotorul de medie presiune (centrat anterior), după alezaje ;

— se centrează corpul de înaltă presiune, după rotorul de înaltă presiune (centrat anterior) după alezaje.

Avantajul acestei metode constă în faptul că nu există mai multe criterii de comparaţie independente între ele (ca la cealaltă metodă), ceea ce elimină riscul unor neconcordanţe între rezultate. În afară de acest avantaj, se poate menţiona faptul că, odată centrat corpul şi rotorul de joasă presiune, se poate trece imediat şi la centrarea diafragmelor respective.

Construcţia foarte elastică a corpului de joasă presiune al turbinei SKODA de 100 MW a dovedit că la montarea capacului, avînd toate diafragmele montate, apare o deformare a centrajului. În mod similar se poate întîmpla şi la aşezarea rotorului generatorului pe lagărul nr. 6, aflat în corpul de joasă presiune.

În consecinţă, se recomandă ca, înainte de a se trece la finisarea centrajului rotorului de medie presiune, să se închidă provizoriu, în vederea betonării corpului de joasă presiune, cu diafragmele centrate şi să se aşeze pe lagăre rotorul generatorului.

De asemenea, metoda de sprijinire a corpului de joasă presiune şi a lagărelor nr. 1 şi 2 diferă la această turbină faţă de alte turbine montate pînă acum. Ramele corpurilor şi lagărelor turbinelor montate pînă în prezent se sprijineau pe fundaţia de beton prin intermediul unor adaosuri (bailagăre), aşezate pe plăci metalice încastrate, solidarizate printr-o ramă metalică sudată de armătura de fier-beton.

Adaosurile aveau forma unor pene. Avantajul metodei constă în faptul că, datorită adaosurilor în formă de pană, prin baterea acestora, se putea obţine foarte repede înălţimea dorită în punctul respectiv, timpul necesar centrării fiind destul de scurt.

Prin săgeţi s-a indicat combinarea mişcărilor ce se poate obţine prin deplasarea penelor.

Metoda folosită la turbina de 100 MW, pentru aşezarea pe fundaţie, diferă de cea descrisă mai înainte.

La această turbină, ramele corpului de joasă presiune şi ale lagărelor se sprijină prin intermediul unor adaosuri prismatice, aşezate direct pe fundaţia de beton. Suprafaţa betonului pe care se aşază adaosurile trebuie însă pregătită în mod special. Această pregătire se realizează prin buceardarea cu ajutorul unor ciocane speciale cu zimţi, care permit netezirea suprafeţei, obţinîndu-se o precizie ridicată (toleranţa pentru înclinarea adaosului aşezat pe beton este de ± 2 diviziuni ale nivelului de 0,02 mm/m). Buceardarea se execută de către şantierul de montaj. Pentru a putea centra turbina, este necesară scoaterea sau introducerea unor adaosuri care se află în pachetul de adaosuri între adaosul aşezat pe beton şi ramă.

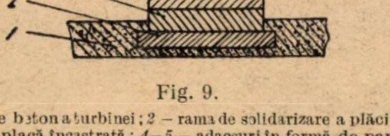


Fig. 9.

1 – fundaţia de beton a turbinei ; *2* – rama de solidarizare a plăcilor încastrate ; *3* – placă încastrată ; *4*–*5* – adaosuri în formă de pană.

Pentru a ușura această operație greoaie, se folosesc pene reglabile, de montaj, care se intercalează între pachetele de adaosuri prismatice.

Cu ajutorul acestora se execută centrarea, urmînd să se completeze sau să se scoată adaosurile necesare din pachetele învecinate, operația fiind de data aceasta mult simplificată.

Avantajul acestei metode constă în faptul că dispare pericolul ca în timpul funcționării turbinei să apară deplasări ale adaosurilor.

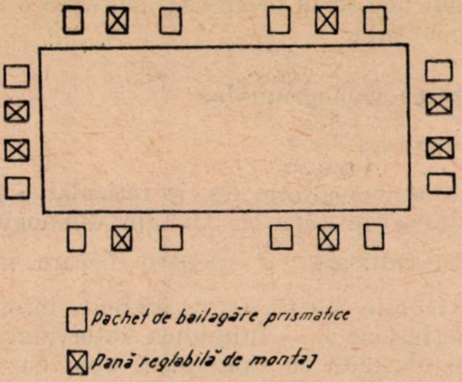


Fig. 10.

Din schema redată în figura 11 rezultă forțele, și deci deplasările adaosurilor în formă de pană.

Forța P_A, care apare, va fi preluată de către fundația de beton, iar forța P_B va imprima adaosurilor o deplasare pe direcția B.

Pentru a se evita această deplasare, adaosurile se prind între ele prin cordoane scurte de sudură, însă există în permanență pericolul ruperilor.

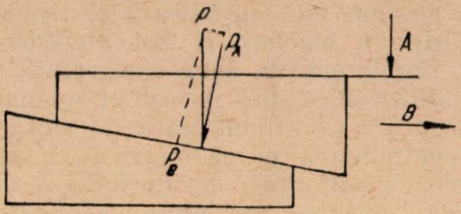


Fig. 11.

La adaosurile prismatice, acest pericol dispare, din cauza formei lor (componenta P_B dispare).

De aici rezultă unul dintre avantajele importante ale acestei metode, impunîndu-se totodată o deosebită precizie în operațiile de montaj ce se execută la centrarea corpurilor.

Un alt avantaj rezultă din faptul că greutatea turbinei este preluată de către betonul din care este turnată fundația, și nu prin armătura de oțel-beton. Aceasta impune, însă, o execuție cît se poate de corectă a fundației.

Din cele arătate rezultă că, în măsura în care centralele electrice se echipează cu agregate noi, moderne, este necesară găsirea unor metode noi de montaj, impuse de caracteristicile acestor agregate, care să ducă la scurtarea termenelor de punere în funcțiune.

Normativ și nomograme pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile în stațiile de transformare exterioare

Ing. **C. NEGREANU**

Calculul mecanic al conductoarelor flexibile în stațiile de conexiuni este mai complicat decît în cazul liniilor aeriene, întrucît, din cauza deschiderilor relativ mici, nu se poate neglija prezența lanțurilor de izolatoare. Există de asemenea legăturile la aparate, care lucrează ca sarcini concentrate. Aceste probleme, neclare încă acum cîțiva ani, s-au lămurit treptat, astfel încît au apărut posibilitatea și necesitatea reglementării amănunțite a condițiilor și metodelor de calcul.

În 1955 a fost elaborată în țara noastră o lucrare originală privind calculul mecanic al conductoarelor flexibile în stații, în condițiile specifice menționate mai sus [1]. Ulterior a fost întocmit un normativ* pentru stabilirea sarcinilor în construcția stațiilor exterioare [2].

Pe baza acestor lucrări a fost elaborat recent un normativ* pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile în stațiile exterioare [3].

În această lucrare se respectă prevederile normativului anterior [2] privitoare la condițiile meteorologice de calcul.

Calculul se execută pentru cinci stări, diferind prin temperatură, prezența sau absența chiciurii și viteza vîntului. Dintre aceste stări, unele servesc pentru verificarea eforturilor în conductor și a săgeții, altele pentru calculul construcțiilor de susținere.

---

* Lucrări elaborate în cadrul Institutului de studii și proiectări energetice din București.

În calcul se ține seamă de condițiile meteorologice reale din zona geografică respectivă, dar se indică și anumite condiții-limită, întocmai ca în prescripțiile pentru construcția liniilor aeriene. Se menționează că temperatura de apariție a chiciurii a fost considerată de $-5°C$, indiferent de zona geografică, pentru a nu se introduce stări de calcul suplimentare.

În legătură cu sarcina dată de vînt, se prevede compunerea ei geometrică cu sarcinile verticale, rezultanta considerîndu-se însă tot verticală. Această prevedere, acoperitoare în privința săgeții, conduce la o considerabilă simplificare a calculelor. În realitate, raportul între sarcina verticală și cea orizontală dată de vînt este diferit pentru conductoare, cleme și lanțurile de izolatoare, astfel încît conductorul formează o curbă strîmbă în spațiu, foarte greu de calculat. Prevederea de mai sus înseamnă, de fapt, aproximarea acesteia printr-o curbă plană.

Proiectul de normativ cuprinde în anexă o serie de tabele, în care sînt indicate caracteristicile conductoarelor, izolatoarelor și clemelor uzuale, precum și sarcinile suplimentare limită.

Calculul se întocmește fixîndu-se în prealabil fie un efort maxim, fie o săgeată maximă. În proiectele ISPE se obișnuiește să se fixeze o săgeată maximă (în ultima vreme, de obicei, 5% din deschidere). Rezultă, astfel, eforturi relativ mici și economii la dimensionarea construcțiilor de susținere. Proiectul de normativ nu interzice însă stabilirea oricărei alte condiții inițiale, în cazuri bine justificate.

Tabelele anexate normativului cuprind și rezistențele admisibile ale conductoarelor și izolatoarelor, fapt util în special în cazul conductoarelor neomogene (oțel-aluminiu), la care apar eforturi suplimentare între elementele componente prin diferențe de dilatare termică, efortul admisibil util depinzînd deci de temperatură.

Calculele sînt destul de laborioase. O importantă simplificare a fost făcută, însă, prin construirea a două nomograme, cu care se pot rezolva mai simplu anumite părți ale calculului. Nomograma nr. 1 permite determinarea cantității Ω ce intervine în metoda de calcul menționată anterior [1], iar nomograma nr. 2 permite rezolvarea ecuației de stare de gradul III, adică trecerea de la o stare la alta.

În privința preciziei de calcul cu ajutorul nomogramelor, trebuie menționat că la întocmirea acestora nu s-a făcut uz de nici o aproximație, ci au fost nomografiate ecuațiile respective sub forma lor exactă. Singurele erori sînt cele de citire pe nomogramă, dar acestea pot fi reduse la o valoare oricît de mică prin mărirea scării de desenare a nomogramelor.

În realitate, o precizie prea mare este inutilă, întrucît la aprecierea datelor inițiale (dimensiuni, sarcini) se fac totdeauna anumite erori, care se repercutează asupra rezultatului chiar în cazul calculului numeric. Așa cum se procedează în tehnica nomografică, scările de reprezentare au fost astfel alese, încît erorile de citire pe nomograme să fie de același ordin de mărime cu cele introduse prin aprecieri greșite ale datelor inițiale.

Lipsa de spațiu nu permite a se reda aici textul normativului. Se va insista, însă, mai mult asupra nomogramelor, care constituie un element nou și, în orice caz, pot avea o aplicare independentă.

Utilizarea nomogramelor

Nomograma nr. 1

Este o nomogramă de tip reticular și permite calcularea cantității Ω. De fapt, din nomogramă rezultă cantitatea $\frac{\Omega_i}{l_i}$ pentru fiecare interval, unde Ω_i este cantitatea Ω aferentă intervalului respectiv, iar l_i — lungimea intervalului. Mărimile obținute se multiplică apoi cu valorile l_i corespunzătoare și se adună, obținîndu-se valoarea Ω totală.

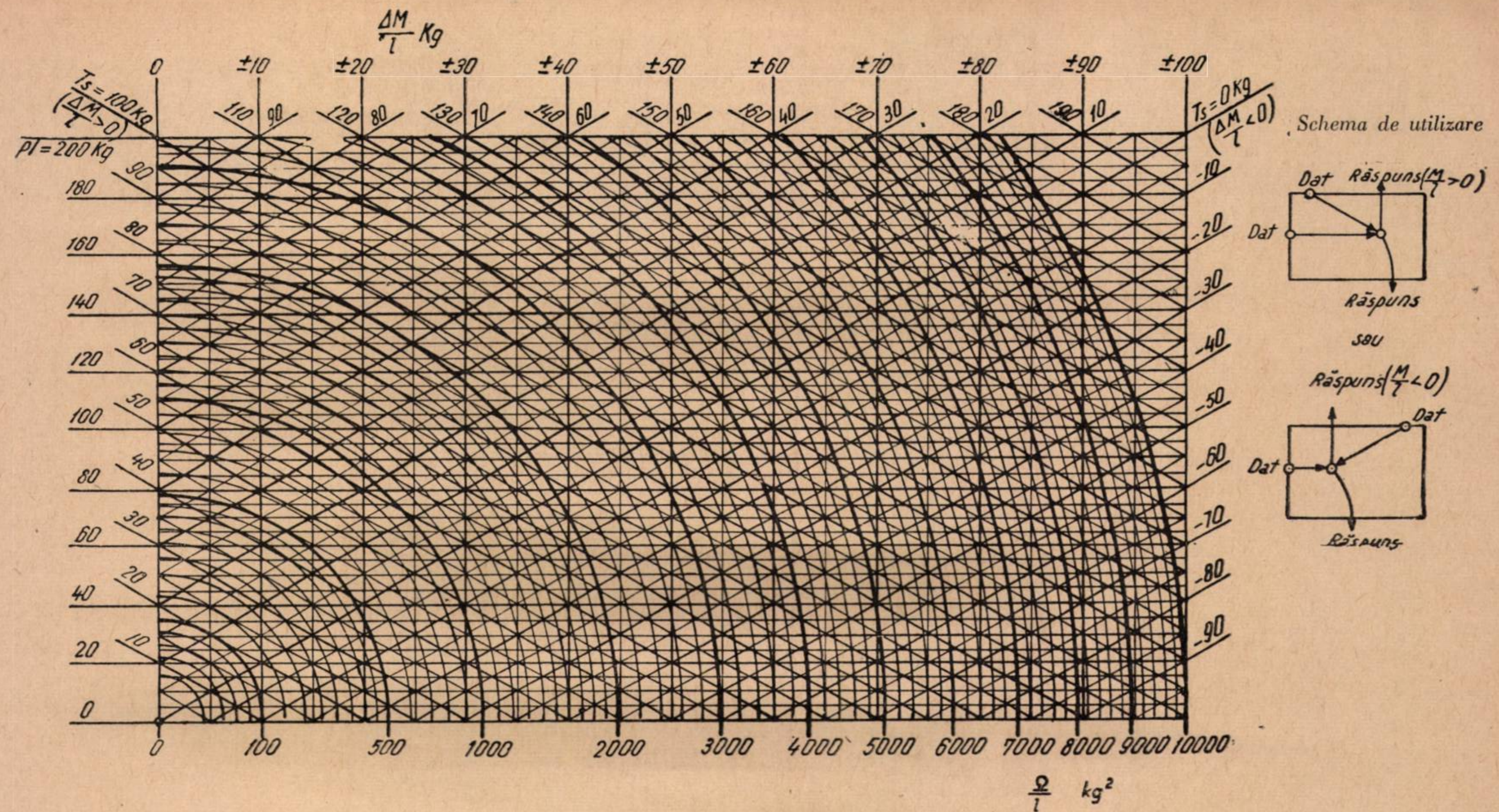
Mărimile de intrare în nomogramă sînt forța tăietoare în stînga intervalului, în imediata vecinătate a capătului (notată simbolic pe nomogramă cu T_s), precum și sarcina totală a intervalului (notată simbolic pe nomogramă cu pl). Valorile T_s se citesc pe liniile oblice spre dreapta sau spre stînga și sînt cuprinse între -90 și $+190$ kg. Valorile pl se citesc pe liniile orizontale și sînt cuprinse între 0 și 200 kg.

Liniile orizontale și cele oblice formează liniile de intrare. Valorile $\frac{\Omega}{l}$ se citesc pe segmentele de cerc, la intersecția liniilor de intrare corespunzătoare.

Se observă că pentru valorile $T_s = 0 - 100$ kg există cîte două linii oblice, una înclinată spre dreapta, alta spre stînga. Se va constata, însă, ușor că orice linie pl se intersectează în cadrul nomogramei numai cu una din cele două linii oblice care reprezintă aceeași valoarea T_s. Aceasta este intersecția căutată.

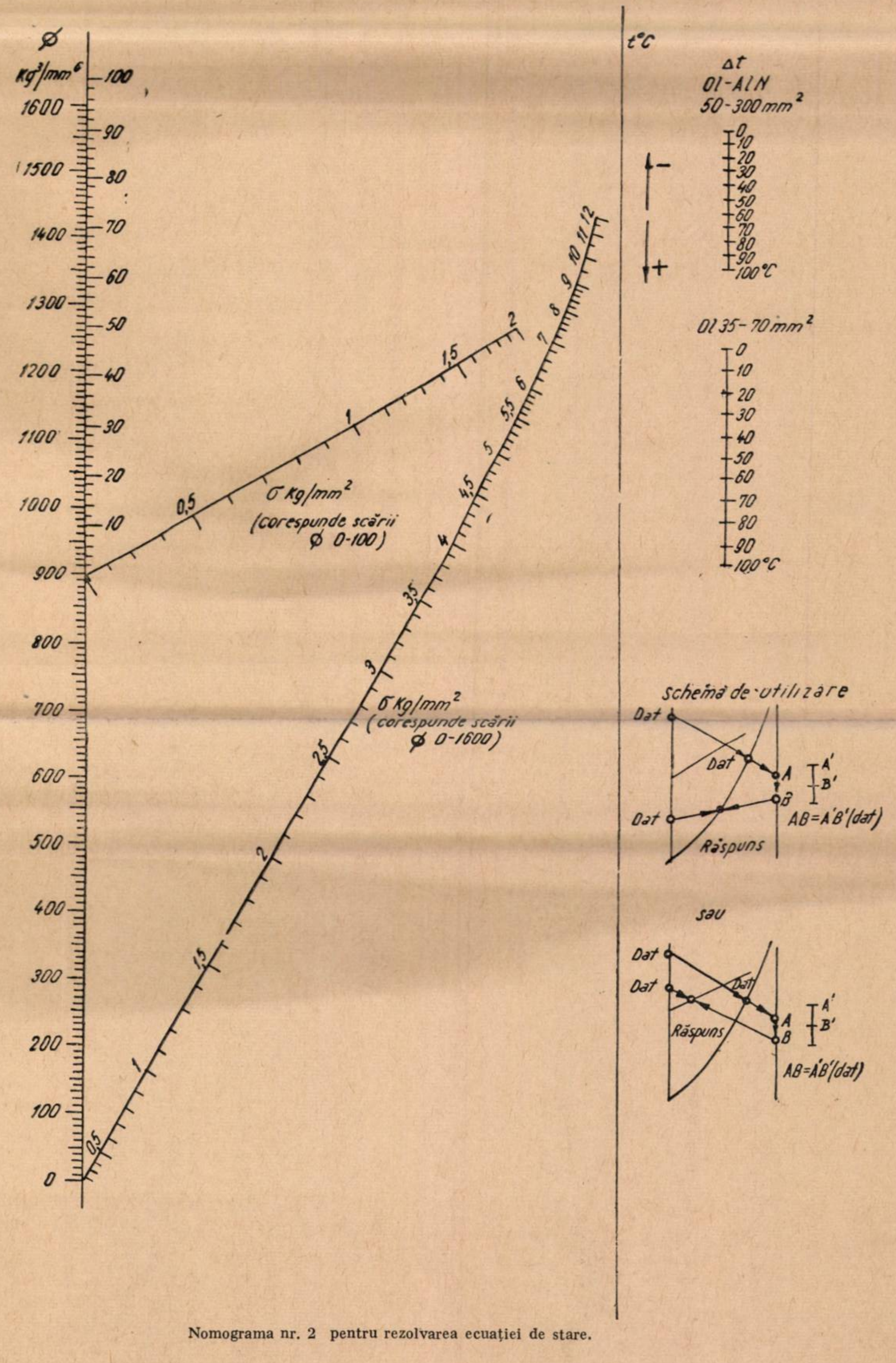
Să considerăm, de exemplu, un tronson a cărui sarcină în starea III (greutatea proprie, inclusiv sarcinile suplimentare date de chiciură și vînt) este de 120 kg. Dacă forța tăietoare la stînga este, de exemplu, de 90 kg, se observă că se stabilește intersecția liniei orizontale $pl = 120$ cu linia oblică $T_s = 90$, înclinată stînga sus—dreapta jos. Rezultă $\Omega/l = 2000$ kg². Lungimea intervalului fiind de exemplu de 10 m, se obține $\Omega = 21\,000$ kg² m.

Dacă însă forța tăietoare la stînga este de 20 kg, se constată că trebuie căutată intersecția cu linia $T_s = 20$ înclinată invers (stînga jos — — dreapta sus), rezultînd $\Omega/l = 2\,800$ kg², iar $\Omega = 28\,000$ kg²m.



Nomograma nr. 1: Mărimile Ω/l și $\Delta M/l$ în funcție de T_s și pl. Pentru valori necuprinse în nomogramă (pl și T_s) se multiplică cu n valorile inițiale: npl și nTs. Rezultă:

$$n\frac{\Delta M}{l} \text{ și } n^2\frac{\Omega}{l}.$$



Nomograma nr. 2 pentru rezolvarea ecuației de stare.

De altfel, aceste explicații sînt date chiar pe nomogramă în schema de utilizare.

Dacă una din mărimile inițiale sau chiar amîndouă nu sînt cuprinse în nomogramă sau dacă liniile respective nu se intersectează în cadrul nomogramei, se multiplică cu n (n fiind o putere a lui 10) valorile inițiale, astfel ca să se obțină intersecția pe nomogramă. Se obține valoarea $n^2 \frac{\Omega}{l}$. Fie, de exemplu, $pl = 160$ kg, iar $T_s = -30$ kg. Liniile corespunzătoare nu se intersectează în cadrul nomogramei. Se pornește atunci de la valorile $pl = 160/10 = 16$ kg și $T_s = -30/10 = -3$ kg, obținîndu-se $\frac{1}{100} \cdot \frac{\Omega}{l} = 150$ kg^2. Dacă $l = 10$ m, rezultă $\Omega = 150\,000$ kg^{2}m.

Tot cu ajutorul nomogramei nr. 1 se poate obține variația ΔM a momentului de încovoiere între cele două capete ale fiecărui interval. Mărimile de intrare sînt aceleași. Intersecțiile determină și valorile $\frac{\Delta M}{l}$, care se citesc pe liniile verticale, multiplicîndu-se apoi cu lungimile l. Valorile obținute pot fi pozitive sau negative, semnul fiind determinat de direcția liniei oblice T_s cu care s-a obținut intersecția, așa cum se indică în schema de utilizare. Momentul într-un punct oarecare al conductorului este suma momentelor obținute pe intervale, la stînga punctului considerat (pînă la capăt).

Întrucît însă momentele se calculează mult mai ușor decît cantitățile Ω, s-a renunțat, în cadrul exemplelor anexate normativului, la calculul momentelor pe nomogramă.

Nomograma nr. 2

Este o nomogramă cu puncte aliniate și permite rezolvarea ecuației de stare, adică trecerea de la o stare la alta.

În stînga nomogramei se găsește o scară verticală gradată între 0 și 1600 kg^3/mm^6, care reprezintă mărimea Φ, a cărei semnificație va fi arătată ulterior. Pe scara curbilinie din mijloc este reprezentată rezistența σ, cu domeniul 0—12 kg/mm^2. În cazul conductoarelor neomogene (oțel-aluminiu), σ reprezintă rezistența totală (efortul total raportat la secțiunea totală). În dreapta se află o linie verticală negradată (scară mută), care reprezintă temperaturile.

Să presupunem că la o anumită stare (de exemplu -5°C, chiciură și vînt) mărimile caracteristice au următoarele valori:

$$\Phi = 1200 \text{ kg}^3/\text{mm}^6; \quad \sigma = 3 \text{ kg/mm}^2.$$

Dorim să găsim valoarea rezistenței σ la altă stare, de exemplu $+70$°C, fără chiciură și fără vînt, la care $\Phi = 500$ kg^3/mm^6. Vom uni mai întîi punctul 1200 de pe scara Φ cu punctul 3 de pe scara σ și vom prelungi linia obținută pînă întîlnește scara mută a temperaturilor într-un punct pe care îl vom numi A.

De la punctul A, astfel determinat, vom măsura pe scara temperaturilor un segment $\overline{AB}$, a cărui lungime să reprezinte tocmai variația de temperatură între cele două stări, adică:

$$70 - (-5) = 70 + 5 = 75°\text{C}.$$

Lungimea acestui segment se determină pe scările gradate Δt din dreapta nomogramei. De exemplu, pentru oțel-aluminiu și 75°C, lungimea segmentului este de circa 20 mm. Acest segment se fixează cu vîrfurile distanțierului pe scara temperaturilor (vezi schema de utilizare de pe nomogramă). După cum arată săgețile de pe nomogramă, segmentele care reprezintă creșteri de temperatură se desenează în jos, deci în exemplul nostru punctul B se va afla sub punctul A.

Unim apoi punctul 500 de pe scara Φ cu punctul B de pe scara mută. La intersecția liniei astfel obținute cu scara σ se determină $\sigma = 1{,}82$ kg/mm^2.

Dacă trecem acum la starea -30°C, fără chiciură și fără vînt, Φ păstrează valoarea de 500 kg^3/mm^6. Diferența de temperatură este:

$$-30 - (-5) = -30 + 5 = -25°\text{C},$$

căreia îi corespunde un segment de circa 6,5 mm lungime, pe care îl vom așeza pe scara temperaturilor în sus, pornind tot de la punctul A, obținînd astfel un punct C. Unind punctul C cu punctul 500 de pe scara Φ, determinăm $\sigma = 2{,}02$ kg/mm^2.

Scara σ se apropie mult de scara Φ în partea de jos. La valori mici ale mărimilor Φ și σ, determinarea poziției rezolvantei (dreapta auxiliară de intersecție) este imprecisă, întrucît ea rezultă prin unirea a două puncte foarte apropiate. Pot rezulta astfel erori mari la determinarea punctului A de pe scara temperaturilor.

Pentru a evita acest inconvenient, a fost desenată încă o scară σ, cuprinzînd domeniul 0—2 kg/mm^2, extins pe o lungime mai mare.

De asemenea a fost desenată o nouă scară Φ, pe același suport cu prima, cuprinzînd însă domeniul 0—100 kg^3/mm^6, de asemenea extins.

Poziția acestor noi scări a fost astfel determinată, încît la folosirea lor să rezulte aceleași puncte de intersecție pe scara temperaturilor ca și la utilizarea scărilor mari. Să unim, de exemplu, punctele $\Phi = 100$ kg^3/mm^6 și $\sigma = 1$ kg/mm^2 de pe scările mari. Ele fiind prea apropiate, poziția rezolvantei nu este suficient de precisă. Se obține un punct A pe scara temperaturilor.

Dacă unim, de asemenea, punctele $\Phi = 100$ kg^3/mm^6 și $\sigma = 1$ kg/mm^2 de pe scările mici, obținem același punct A determinat mai sus.

Datorită acestei proprietăți a nomogramei, se poate trece, în cursul aceluiași calcul, de la scările mari la scările mici, și invers, după nevoie, așa cum se vede de altfel în schema de utilizare de pe nomogramă.

În dreapta nomogramei se găsesc segmentele gradate între 1 și 100°C, pentru OL-Al N 50—300 mm² și OL 35 — 70 mm². Pentru alte secțiuni sau alte materiale, nomograma este, de asemenea, utilizabilă. Pentru aceasta este suficient să se deseneze un nou segment de temperatură Δt, gradat între 0 și 100°C, a cărui lungime totală, în mm, va fi :

$$l = \frac{550}{3} \cdot E\alpha \text{ mm},$$

unde E este modulul de elasticitate compus al materialului, în kg/mm², iar α — coeficientul de dilatare termică compus, în °C⁻¹.

Alcătuirea nomogramelor

Nomograma nr. 1

În lucrarea citată [1], ecuația de stare în cazul stațiilor de transformare este pusă sub forma :

$$\sigma_{II}^3 + \left[\frac{E \cdot \Omega_I}{2\, s^2 \cdot l \cdot \sigma_I^2} + E\,\alpha\,(t_{II} - t_I) - \sigma_I\right]\sigma_{II}^2 = \frac{E\Omega_{II}}{2 s^2 \cdot l} \quad (1)$$

în care :

σ_I și σ_{II} reprezintă rezistențele în conductor la stările I și II ;

E — modulul de elasticitate al conductorului ;

α — coeficientul de dilatare termică al conductorului ;

t_I și t_{II} — temperaturile la stările I și II ;

s — secțiunea conductorului ;

l — deschiderea.

Deschiderea se consideră împărțită în intervale, delimitate de sarcinile concentrate sau de punctele în care variază sarcina uniform distribuită (de exemplu trecerea de la lanțul de izolatoare la conductorul-funie).

Cantitatea Ω este definită ca suma cantităților Ω_{ik} în fiecare interval, iar acestea din urmă au expresia :

$$\Omega_{ik} = \left[F_i + \frac{pl_{ik}}{2}\right] M_i + \left[F_k + \frac{pl_{ik}}{2}\right] M_k + \frac{p^2 l_{ik}^3}{12} \quad (2)$$

unde :

F_i și F_k reprezintă forțele concentrate la capetele intervalului ;

M_i și M_k — momentele încovoietoare la capetele intervalului ;

p — sarcina uniform distribuită de-a lungul intervalului ;

l_{ik} — lungimea intervalului.

Pentru alcătuirea nomogramei s-a pornit de la o altă expresie a valorii Ω, indicată de asemenea în lucrarea [1] menționată :

$$\Omega = \int_0^l T_x^2 \cdot \mathrm{d}x,$$

unde T_x este forța tăietoare în punctul de abscisă x.

Prin transformarea acestei expresii, rezultă :

$$\Omega = \int_0^l T_x^2 \cdot \mathrm{d}x = \int_0^l (T_s - px) \cdot \mathrm{d}x =$$

$$= T_s^2 \cdot l - T_s\, pl^2 + \frac{p^2\, l^3}{3} \quad (4)$$

în care T_s este forța tăietoare la stînga intervalului.

$$\frac{\Omega}{l} = \left(\sqrt{\frac{\Omega}{l}}\right)^2 = T_s^2 - T_s\, pl + \frac{p^2 l^2}{3}. \quad (5)$$

Această expresie este foarte asemănătoare cu cea cunoscută din geometria analitică, care dă distanța față de origine a unui punct $P\,(ab)$ într-un sistem oarecare de coordonate oblice în plan :

$$d^2 = a^2 + b^2 - 2\, ab \cos\theta, \quad (6)$$

unde θ este unghiul dintre cele două axe (fig.1).

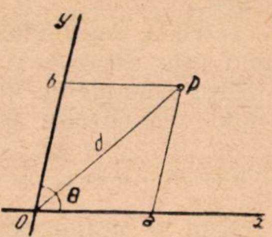


Fig. 1.

Vom nota pe axa Ox mărimea T_s (la scara 1 kg = α mm), iar pe axa Oy mărimea pl (la scara 1 kg = β mm). Mărimea $\sqrt{\Omega/l}$ va fi reprezentată de distanța de la origine pînă la punctul de intersecție (la scara 1 kg = γ mm).

Înlocuind aceste valori în relația (6) și comparînd apoi cu relația (5) multiplicată cu α^2, rezultă :

$$\gamma = \alpha$$

$$\beta = \frac{\alpha}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

$$\cos\theta = -\frac{\sqrt{3}}{2}; \quad \theta = 150°.$$

Pentru construirea nomogramei nu rămîne decît să se stabilească scara desenului, alegîndu-se arbitrar una dintre valorile α sau β. Rezultă o nomogramă de forma celei reprezentate în fig. 2.

Pentru a reduce suprafața nomogramei și a utiliza mai bine hîrtia disponibilă, partea din stînga a fost rabătută peste cea din dreapta, în jurul axei verticale Oy'. Din acest motiv au rezultat liniile oblice în două direcții, despre care s-a amintit anterior.

Bineînțeles că cercurile ale căror raze reprezintă valorile $\sqrt{\Omega/l}$ au fost cotate direct cu valorile Ω/l.

Dacă axele ar fi fost rectangulare, s-ar fi obținut în locul cercurilor o familie de elipse, mult mai greu de construit.

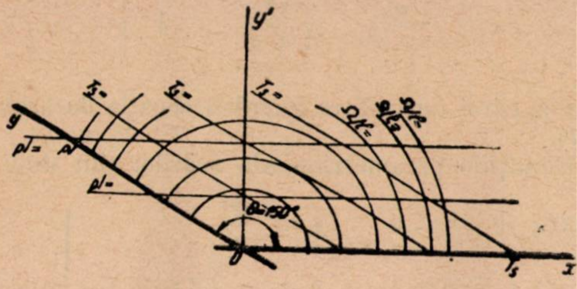


Fig. 2.

În ceea ce privește momentul de încovoiere, dacă se notează cu M_s valoarea sa la capătul din stînga intervalului, iar cu M_D valoarea la capătul din dreapta, rezultă :

$$M_D = M_s + T_s\,l - \frac{pl^2}{2}, \tag{8}$$

iar variația momentului este :

$$\Delta M = M_D - M_s = T_s \cdot l - \frac{pl^2}{2}, \tag{9}$$

$$\frac{\Delta M}{l} = T_s - \frac{pl}{2}. \tag{10}$$

Multiplicînd expresia (10) cu α, se obține prin transformări :

$$\alpha\frac{\Delta M}{l} = \alpha T_s + \beta pl \cos\theta = \alpha T_s - \beta pl \cos(\pi - \theta). \tag{11}$$

Rezultă deci, așa cum se vede din figura 3, că pe axa Ox se poate citi și valoarea $\Delta M/l$. Pentru aceasta este suficient să se scadă din segmentul $\overline{OA}$ (egal cu $\alpha\, T_s$) proiecția pe axa Ox a segmentului $\overline{AC} = \overline{OB}$ (egal cu $\beta\, pl$). În porțiunea rabătută, momentele sînt negative, ceea ce rezultă din direcția liniei oblice pe care s-a obținut intersecția, așa cum s-a mai arătat.

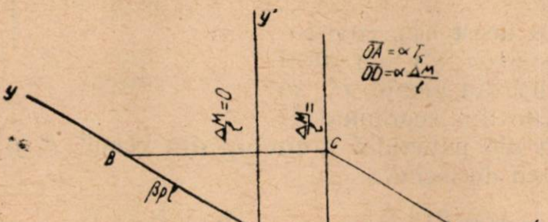

y'
$\overline{OA} = \alpha T_s$
$\overline{OD} = \alpha \frac{\Delta M}{l}$
y
$\frac{\Delta M}{l}=0$
$\frac{\Delta M}{l}=$
C
B
βpl
O
D
A
x

Fig. 3

Nomograma a fost desenată pentru domeniul valorilor uzuale ale diverselor mărimi ce intervin în calcul. Dacă totuși anumite valori ies din cadrul nomogramei, există posibilitatea menționată anterior a multiplicării lor cu $1/10^n$.

Pentru determinarea scării desenului, se ține seamă de faptul că precizia crește o dată cu scara. În realitate, această precizie poate fi fictivă, întrucît, la aprecierea datelor inițiale (lungimi și sarcini) și la determinarea lor la montaj (săgeată, efort), se face totdeauna o serie de erori. Astfel, chiar calculul numeric cel mai exact este afectat de erorile asupra datelor inițiale.

Scara nomogramei trebuie așa fel aleasă, încît erorile de calcul pe nomogramă să fie de același ordin de mărime cu cele datorate erorilor asupra datelor inițiale. O precizie mai mare ar fi inutilă.

Pe aceste considerente și pe baza anumitor ipoteze asupra datelor inițiale, a fost aleasă valoarea $\beta = 1$ mm, rezultînd de aici toate datele necesare.

Nomograma nr. 2

O nomogramă cu puncte aliniate de forma prezentată aici reprezintă o relație între trei variabile, α, β și γ, reprezentate pe trei scări liniare gradate. Punctele corespunzătoare valorilor care satisfac relația reprezentată de nomogramă se găsesc totdeauna în linie dreaptă (fig. 4).

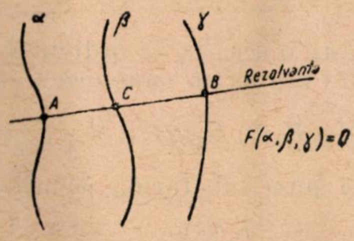


Fig. 4

Coordonatele curente ale celor trei scări pot fi definite parametric astfel :

$$\left.\begin{array}{lll} \text{Scara } \alpha & x = f_1(\alpha) & y = f_2(\alpha) \\ \text{Scara } \beta & x = g_1(\beta) & y = g_2(\beta) \\ \text{Scara } \gamma & x = h_1(\gamma) & y = h_2(\gamma) \end{array}\right\} \tag{12}$$

iar condiția de coliniaritate a trei puncte este :

$$\begin{vmatrix} f_1(\alpha) & f_2(\alpha) & 1 \\ g_1(\beta) & g_2(\beta) & 1 \\ h_1(\gamma) & h_2(\gamma) & 1 \end{vmatrix} = 0. \tag{13}$$

Prin dezvoltarea acestei expresii, numită ecuația Soreau, rezultă o relație între α, β și γ, care este tocmai funcția reprezentată de nomogramă.

Toată dificultatea constă în găsirea unor expresii pentru funcțiile parametrice (12), care, înlocuite în (13), să conducă la funcţia de nomografiat. Nu există o metodă generală pentru obţinerea acestui rezultat. Se procedează prin tatonări şi în special se caută a se pune relaţia de nomografiat în anumite forme denumite canonice.

În cazul de faţă, relaţia de nomografiat este ecuaţia de stare, care poate fi pusă sub forma :

$$\frac{\Omega_{I}}{2s^2\sigma_{I}^2 l}-\frac{\sigma_{I}}{E}-\alpha t_{I}=\frac{\Omega_{II}}{2s^2\sigma_{II}^2\cdot l}-\frac{\sigma_{II}}{E}-\alpha t_{II}. \qquad (14)$$

De aici rezultă că pentru orice stare, expresia următoare este constantă :

$$\frac{\Omega}{2s^2\sigma^2 l}-\frac{\sigma}{E}-\alpha t=C. \qquad (15)$$

Aceasta este funcţia de nomografiat şi ea reprezintă o relaţie între trei variabile : Ω, σ şi t.

Să notăm

$$\frac{E\Omega}{s^2 l}=\Phi \qquad (16)$$

şi să scriem relaţia (15) sub forma :

$$\sigma^3+E(\alpha t+C)\sigma^2-\frac{\Phi}{2}=0 \qquad (17)$$

Aceasta este o ecuaţie de ordinul 4 de nomografiere, care are forma canonică Cauchy :

$$F_1(\alpha)\cdot F_3(\gamma)+F_2(\beta)\cdot G_3(\gamma)+H_3(\gamma)=0. \qquad (18)$$

Ea poate fi pusă sub forma ecuaţiei Soreau :

$$\begin{vmatrix} 0 & F_1(\alpha) & 1 \\ 1 & F_2(\beta) & 1 \\ \frac{G_3(\gamma)}{F_3(\gamma)+G_3(\gamma)} & -\frac{H_3(\gamma)}{F_3(\gamma)+G_3(\gamma)} & 1 \end{vmatrix}=0 \qquad (19)$$

Vom face înlocuirile de variabile :

$$\alpha=\Phi;\qquad \beta=t;\qquad \gamma=\sigma \qquad (20)$$

şi de funcţii :

$$\left.\begin{aligned} &f_1(\alpha)=0\\ &f_2(\alpha)=F_1(\alpha)=\frac{\Phi}{2}\\ &g_1(\beta)=1\\ &g_2(\beta)=F_2(\beta)=-E(\alpha t+C)\\ &F_3(\gamma)=1\\ &G_3(\gamma)=\sigma^2\\ &H_3(\gamma)=-\sigma^3\\ &h_1(\gamma)=\frac{G_3(\gamma)}{F_3(\gamma)+G_3(\gamma)}=\frac{\sigma^2}{1+\sigma^2}\\ &h_2(\gamma)=-\frac{H_3(\gamma)}{F_3(\gamma)+G_3(\gamma)}=\frac{\sigma^3}{1+\sigma^2} \end{aligned}\right\} \qquad (21)$$

Se obţine următoarea ecuaţie Soreau :

$$\begin{vmatrix} 0 & \frac{\Phi}{2} & 1 \\ 1 & -E(\alpha t+C) & 1 \\ \frac{\sigma^2}{1+\sigma^2} & \frac{\sigma^3}{1+\sigma^2} & 1 \end{vmatrix}=0 \qquad (22)$$

din a cărei dezvoltare rezultă ecuaţia de stare (17).

Ecuaţiile parametrice ale scărilor sînt deci :

$$\left.\begin{aligned} &\text{Scara } \Phi \quad x=0 \quad y=\frac{\Phi}{2}\\ &\text{Scara } t \quad x=1 \quad y=-E(\alpha t+C)\\ &\text{Scara } \sigma \quad x=\frac{\sigma^2}{1+\sigma^2} \quad y=\frac{\sigma^3}{1+\sigma^2} \end{aligned}\right\} \qquad (23)$$

Se constată că scările Φ şi t sînt rectilinii, iar scara σ este curbilinie. Ordonatele scării t au o origine arbitrară, depinzînd de constanta C. Această scară nu va fi deci gradată (scară mută). Se va lucra numai cu diferenţele de temperatură, pentru care s-a gradat separat un segment de dreaptă auxiliar cu scara :

$$y'=-E\alpha t. \qquad (24)$$

Nomograma astfel determinată are forma din figura 5. Cu ocazia schiţării ei, s-a constatat că diviziunile scării σ sînt foarte neuniforme. De aceea s-a realizat o corecţie, transformîndu-se întreaga nomogramă prin proiecţie conică. Aceasta se realizează proiectînd planul P al nomogramei pe un alt plan P', cu ajutorul unui centru de proiecţie unic.

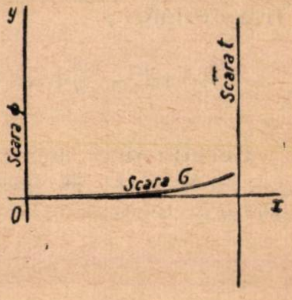


Fig. 5

În acest caz, coordonatele $(x'\ y')$ ale unui punct din planul P' se deduc din coordonatele (xy) ale punctului homolog din planul P prin relaţii de forma :

$$x'=\frac{Ax+By+C}{Dx+Ey+F};\qquad y'=\frac{A_1x+B_1y+C_1}{Dx+Ey+F}. \qquad (25)$$

Coeficienţii transformării au fost determinaţi punînd acesteia anumite condiţii, asupra cărora nu insistăm. S-a făcut în plus şi o rotire a axei absciselor.

Faţă de axele iniţiale, noile coodonate (XY) ale unui punct din plan rezultă din coordonatele (xy) ale punctului homolog prin relaţiile :

$$X=\frac{3x}{22-19x};\qquad Y=\frac{2\,000\,x+22\,y}{22-19\,x}. \qquad (26)$$

Cu aceste relații s-au recalculat coordonatele scărilor deduse din expresiile (23).

În privința scărilor suplimentare Φ_1 și σ_1 pentru valori mici, a căror utilizare a fost descrisă anterior, sînt de asemenea valabile expresiile (23), dar într-un sistem de coordonate oblic $x_1 \, Oy_1$, a cărui origine a fost stabilită arbitrar pe scara Φ a primului sistem, în punctul 900 kg^3/mm^6.

Pentru a se putea trece în cursul aceluiași calcul de la o pereche de scări (Φ, σ) la cealaltă (Φ_1, σ_1), sau invers, este necesar și suficient ca ordonatele scării t în ambele sisteme să fie aceleași. Prin deducții geometrice și trigono-

BREVIAR

Pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile

STAȚIA....................................

I. Condiții meteorologice

Starea	Temperatura, °C	Chiciură	Viteza vîntului, m/s
I	$t_{min} = -30$	nu	0
II	$t_{v\,max} = -5$	nu	$v_{max} = 25$
III	-5	da	$v_{med} = 15$
IV	-5	da	0
V	$+70$	nu	0

Grosimea stratului de chiciură:

— pe cond. oriz.: 1,7 cm.

— pe cond. vert.: 1,5 ,,

Greutatea specifică a chiciurii:

0,9 kg/dm^3.

II. Caracteristicile conductoarelor

Denumirea caracteristicii			Simbol	Unitatea de măsură	Secțiunea nominală a conductoarelor folosite, mm^2				
					Ol−Al N 185				
Secțiunea reală	Aluminiu		s_{Al}	mm^2	183,8				
	Oțel		s_{Ol}	mm^2	31,7				
	Totală		s	mm^2	215,5				
Raportul secțiunilor s_{Al}/s_{Ol}			a	—	5,8				
Diametrul conductorului			d	mm	19,2				
Modulul de elasticitate	Aluminiu		E_{Al}	kg/mm^2	5 600				
	Oțel		E_{Ol}	kg/mm^2	20 000				
	Compus		E	kg/mm^2	7 720				
Coeficientul de dilatare termică	Aluminiu		α_{Al}	10^{-6}. °C^{-1}	23				
	Oțel		α_{Ol}	10^{-6}. °C^{-1}	11				
	Compus		α	10^{-6}. °C^{-1}	18,4				
Rezistența admisibilă	Aluminiu		σ_{aAl}	kg/mm^2	4				
	Oțel		σ_{aOl}	kg/mm^2	30				
	Totală la −5°C		$\sigma_{a(-5)}$	kg/mm^2	4,8				
	Totală la −30°C		$\sigma_{a(-30)}$	kg/mm^2	4				
Sarcini unitare	Starea I și V		g	kg/m	0,76				
	Starea II		g_v	kg/m	1,18				
			p_v	kg/m	0,90				
	Starea III	Conductori orizontali	g_{cv}	kg/m	2,66				
			p_{cv}	kg/m	0,90				
		Conductori verticali	g_{cv}	kg/m	2,36				
			p_{cv}	kg/m	0,83				
	Starea IV	Cond. oriz.	g_c	kg/m	2,50				
		Cond. vert.	p_c	kg/m	2,21				

CELULA........................

Conductor Ol-Al N 185 mm^2

III. Caracteristicile lanţurilor de izolatoare

Lanţ de izolatoare la capetele deschiderii				Lanţ de izolatoare în interiorul deschiderii			
Elemente componente	Lungimea, m	Greutatea, kg	Efort admisibil, kg	Elemente componente	Lungimea, m	Greutatea, kg	Efort admisibil, kg
OSS 16	0,071	0,4	1 500				
8IC–170	1,360	60,0	1 000				
NOr 16	0,126	2,5	2 000				
TC III 185–240 Ol-Al	0,260	6,6					
Total	~1,800	69,5	1 000				
Sarcini unitare, kg/m	Starea I şi V	g	39				
	Starea II	g_v	40				
		p_v	10				
	Starea III	g_{cv}	64				
		p_{cv}	5				
	Starea IV	g_c	64				

IV. Sarcini concentrate

Punctul nr.	Elemente componente	Sarcini la diverse stări, kg						Punctul nr.	Elemente componente	Sarcini la diverese stări, kg					
		I, V	II		III		IV			I, V	II		III		IV
		G	G_v	P_v	G_{cv}	P_{cv}	G_c			G	G_v	P_v	G_{cv}	P_{cv}	G_c
3	Clemă deriv. 16–240 Ol-Al	1,4	1,5	0,4	2,0	0,3	1,9								
	OL-AlN 185 mm^2 – 5 m	3,8	5,9	4,5	11,8	4,2	11,1								
	Total	5,2	7,4	4,9	13,8	4,5	13,0								
4	Ol-Al N 185 mm^2 –5 m	3,8	5,9	4,5	11,8	4,2	11,1								
	Total	3,8	5,9	4,5	11,8	4,2	11,1								

V. Elemente geometrice

Deschiderea	l	m	29,5
Denivelarea	h	m	4
tgφ = 0,136	cos φ = 0,99	sinφ = 0,14	

Lungimea intervalelor		1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7
Pe orizontală l	m	1,78	5,92	20,02	1,78	–	–
Oblic (pe direcţia AB) l'	m	1,80	5,98	20,20	1,80	–	–

VI. Sarcinile tronsoanelor

Intervalul	Sarcini la diverse stări, kg			
	I, V	II	III	IV
1–2	70	72	115	115
2–3	4,6	7,1	15,9	15
3–4	15,4	23,8	53,7	50,5
4–5	70	72	115	115
5–6	—	—	—	—
6–7	—	—	—	—

VII. Reacţiunile la capete

Reacţiunea	Valoarea reacţiunii la diverse stări, kg			
	I, V.	II	III	IV
V_A	84	93	161	158
V_B	85	95,2	164,2	161,6

VIII. Forţele tăietoare la extremităţile intervalelor, în raport cu axa AB

Punctul	Forţa tăietoare la diverse stări, kg			
	I, V	II	III	IV
T_1	84	93	161	158
T_2	14	21	46	43
T_3'	9,4	13,9	30,1	28
T_3''	4,2	6,5	16,3	15
T_4'	−11,2	−17,3	− 37,4	− 35,5
T_4''	−15	−23,2	− 49,2	− 46,6
T_5	−85	−95,2	−164,2	−161,6

IX. Caracteristicile punctului cu săgeata maximă

Denumirea caracteristicii	Unit. de măsură	Starea			
		I, V	II	III	IV
Intervalul în care se anulează forţa tăietoare	—	3–4	3–4	3–4	3–4
Distanţa x	m	5,47	5,45	6,06	5,94
Momentul M_x	kgm	174	231	448	434

X. Eforturi şi săgeţi

Starea	Ω kg^{2}m	Φ kg^3/mm^6	f		H kg	σ kg/mm^2	Efortul maxim în conductor		
			m	%			Capătul	T kg	$\sigma_A(\sigma_B)$ kg/mm^2
I	11 858	66,8	1,30	—	134	0,62	B	169	0,78
II	17 160	96,6	1,47	—	157	0,73	—	—	—
III	59 860	347,0	1,50	5	299	1,39	B	361	1,68
IV	58 700	325,0	1,49	—	291	1,35	—	—	—
V	11 858	66,8	1,39	—	125	0,58	—	—	—

XI. Sarcini transmise construcţiilor de susţinere

Starea	Sarcină orizontală în direcţia conductorului H' kg	Sarcină verticală		Sarcină orizontală dată de vînt W kg
		Capătul A V_A' kg	Capătul B V_B' kg	
I	133	65	104	—
II	156	71	117	35
III	296	119	206	25
IV	288	117	203	—
V	124	66	103	—

XII. **Punctul cel mai coborît al conductorului** (Facultativ)

Denumirea mărimii calculate	Unitatea de măsură	Starea	
		III	V
Reacţiune verticală suplimentară V_A''	kg	$-41{,}9$	$-17{,}5$
Intervalul în care se anulează forţa tăietoare	–	2–3	1–2
Distanţa x'	m	1,53	1,69
Momentul M_x'	kgm	113	56
Săgeata (faţă de capătul A) y'	m	0,38	0,45

metrice se obţin coordonatele definitive ale scărilor Φ_1 şi σ_1:

$$X_1 = x; \quad Y_1 = y + \frac{650}{3}x + 450, \qquad (27)$$

unde x şi y au valorile deduse din relaţiile (23).

În aceleaşi condiţii ca în cazul primei nomograme s-au determinat domeniul de reprezentare şi scara desenului. Pentru a se obţine o conformaţie favorabilă a nomogramei, s-a ales un sistem de coordonate afin, cu lungimi unitare diferite pe orizontală şi pe verticală: $\alpha = 100$ mm, $\beta = 0{,}25$ mm.

De menţionat că lungimea L a segmentului Δt, care reprezintă o diferenţă de temperatură de 100°C, rezultă din relaţiile (23) şi (26), ţinînd seamă că $x = 1$, iar $\beta = 0{,}25$ mm.

$$L = \beta(Y_{100} - Y_0) = -\frac{550}{3}E\alpha \text{ mm.} \qquad (28)$$

Cunoscînd valorile E şi α, se pot construi la nevoie segmentele de dreaptă ce reprezintă scara diferenţelor de temperatură de 100°C pentru conductoare din orice material.

Exemplu de calcul

Normativul cuprinde două exemple de calcul însoţite de breviare-tip, care din lipsă de spaţiu nu pot fi reproduse aici, fiind redat numai breviarul de calcul pentru o deschidere denivelată (cazul cel mai general). Se menţionează că metoda [1] indicată în bibliografie nu este valabilă decît pentru denivelări mici. În cazul deschiderilor fără denivelare, adaptările se pot face uşor.

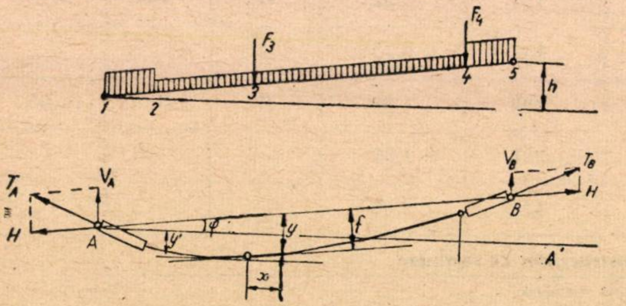


Fig. 6

Exemplul din breviar se referă la schema de încărcare din figura 6.

În privinţa modului cum se conduce calculul, sînt de făcut următoarele observaţii:

— Condiţiile meteorologice, caracteristicile conductoarelor şi cele ale lanţurilor de izolatoare sînt indicate în normativ.

— Sarcinile intervalelor, forţele tăietoare la extremităţile intervalelor şi reacţiunile la capete se calculează la fel ca în cazul grinzilor rigide, simplu rezemate la capete. În punctele în care există sarcini concentrate (de exemplu punctul 3) se notează cu T' forţa tăietoare la stînga punctului în imediata sa apropiere şi cu T'' forţa tăietoare la dreapta (de exemplu T_3' şi T_3'').

— Săgeata f este maximă în punctul în care se anulează forţa tăietoare.

— Cantitatea Ω_i pentru fiecare interval se calculează cu ajutorul nomogramei, obţinîndu-se valoarea Ω_i/l_i şi multiplicînd-o cu lungimea l_i a intervalului. Însumînd cantităţile Ω_i pentru toate intervalele, se obţine valoarea totală Ω.

— În exemplul anexat, starea III a fost considerată ca stare iniţială, admiţîndu-se în acest caz o săgeată de 5% din deschidere. Relaţia între săgeata f, momentul de încovoiere M_x şi efortul în conductor H în punctul de săgeată maximă este:

$$H = \frac{M_x}{f}. \qquad (29)$$

— Trecerea de la starea iniţială la celelalte stări se face cu ajutorul nomogramei nr. 2, dar se poate utiliza şi calculul direct.

— Faţă de axa orizontală AA', eforturile se calculează cu relaţiile:

$$H' = H\cos\varphi$$
$$V_A' = V_A - H\sin\varphi \qquad (30)$$
$$V_B' = V_B + H\sin\varphi$$

Eforturile maxime în conductor T se calculează pentru stările I şi III şi se produc la capătul la care reacţiunea V_A' sau V_B' este mai mare.

— Punctul cel mai coborît al conductorului corespunde punctului în care se anulează forţa tăietoare în raport cu axa orizontală AA'. Noua forţă tăietoare rezultă din cea în raport cu axa oblică AB, prin adăugarea cantităţii $V_A'' = -H\sin\varphi$. Comparînd această cantitate cu valorile din tabela VIII, rezultă direct intervalul în care se anulează noile forţe tăietoare. Calculul se efectuează numai dacă este necesar să se verifice distanţa pe verticală a conductorului faţă de alte elemente şi numai pentru stările III şi V.

— Efortul datorat vîntului de conductor şi preluat la cadrele de susţinere se calculează cu ipoteza simplificatoare că efortul se repartizează egal la cele două capete. Efortul unitar pe conductor sau pe lanţurile de izolatoare, precum şi asupra clemelor, este indicat în tabelele anexate normativului.

— Eforturile şi săgeţile pentru montaj se determină uşor cu ajutorul nomogramei, pentru conductorul neacoperit de chiciură şi fără vînt, pornindu-se de la starea iniţială.

Formularul de breviar este întocmit pentru situaţii complexe; de aceea în exemplul anexat au rămas necompletate anumite tabele sau coloane.

XIII. **Eforturi şi săgeţi pentru montaj**

Temp. °C	σ kg/mm²	H kg	f m	Temp. °C	σ kg/mm²	H kg	f m
−20	0,61	132	1,32	20	0,60	129	1,35
−10	0,61	132	1,32	30	0,58	125	1,39
0	0,61	132	1,32	40	0,58	125	1,39
10	0,60	129	1,35				

Bibliografie

[1] Voinea, P. şi Voinea, D. *Contribuţii la calculul mecanic al conductorilor flexibili din instalaţiile electrice de tip exterior.* Energetica şi Hidrotehnica **3** (1955), nr. 10, p. 457–466.

[2] *** *Normativ pentru stabilirea sarcinilor în construcţia staţiilor exterioare.* ISPE 1960, lucrarea 1073/1961.

[3] Negreanu, C. *O nouă ediţie a proiectului de normativ pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile în staţiile de transformare exterioare.* Informaţii documentare M.M.E.E.-D.E.E., nr. 3, 1963.

Din EXPLOATARE

Spălarea acidă a cazanelor mari

Ing. **HERBERT KRAUSS**

Pînă nu de mult spălarea acidă a cazanelor mari, ecranate, a fost privită cu multă rezervă. Astăzi, spălarea acidă se aplică în mod curent atît la cazanele care au mai funcționat (pentru îndepărtarea crustelor) cît și la cazanele noi, pentru curățirea țevilor de zgură, oxizi și alte impurități.

Tehnologia spălării cazanelor a fost pusă la punct în urma necesității de a îndepărta impuritățile existente și pentru a grăbi, la cazanele noi, obținerea unui abur de calitate.

Aburul produs de cazanele noi, supuse numai unei fierberi alcaline, continuă mult timp să rămînă necorespunzător din punctul de vedere al conținutului de SiO_2 și Fe_2O_3. Acest efect este cu atît mai pronunțat, cu cît presiunea de regim și debitul de abur al cazanului este mai mare. Pe lîngă faptul că impuritățile din abur dau naștere la depuneri pe paletajul turbinei, ele impurifică întreg circuitul termic, de unde nu pot fi eliminate decît treptat, cu pierderi foarte mari de apă. Astfel se explică și suprasolicitările instalațiilor de tratare a apei în perioada de punere în funcțiune a cazanelor noi. Localizarea impurităților în cazan sub formă de depuneri (Fe_2O_3/ /SiO_2), mai ales în părțile supuse unor solicitări termice mai mari, poate conduce și la spargeri de țevi.

Nu rare au fost cazurile cînd, judecînd după primele aparențe, se considera necesară realizarea unor instalații de purificare a aburului sau condensatului, pentru ca după aceea, după eliminarea impurităților, aceste instalații să nu mai fie necesare.

Pentru a avea o imagine despre ce cantități de impurități pot fi îndepărtate dintr-un cazan nou, se dau mai jos două exemple [1]:

Cazul 1: cazanul nou a fost supus unei fierberi alcaline.

Cazul 2: cazanul nou a fost supus unei spălări acide, ambele cazane fiind de același tip: 465 t/h, 150 at, 530 °C.

Tabela 1

	Fe eliminat, kg	SiO_2 eliminat, kg	Apa de spălare, m³	Durata, ore
Cazul 1	<450	<10	2 500	122
Cazul 2	2 280	48	3 000	98

Tabela 1 cuprinde cantitățile de Fe și SiO_2 eliminate în cele două variante posibile de spălare, cantitatea de apă de clătire (care a fost necesară pentru îndepărtarea practic totală a soluțiilor spălătoare din cazan) și durata proceselor de spălare. Se observă eficacitatea deosebită a spălării acide.

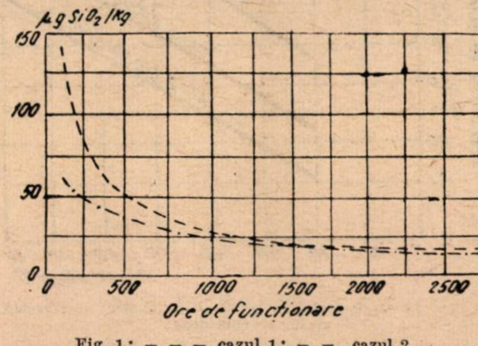


Fig. 1: – – – cazul 1; –.–. cazul 2.

Din figura 1 rezultă că, la cazanul spălat acid, s-a obținut mai repede un abur de calitate. Abia după 1 500–2 000 ore de funcționare, cazanul nr. 1 a ajuns din urmă cazanul nr. 2 din punctul de vedere al calității aburului.

Chiar după spălare, cazanele continuă să cedeze impuritățile apei de cazan, de unde acestea sînt antrenate cu aburul. În cazul încercărilor descrise mai sus, tot condensatul produs, ce nu corespundea calității cerute, era eliminat la canal. Purja cazanelor era de 0,06 – 0,1 t/MWh. După cum se vede în tabela 2, cantitățile de condensat necorespunzător scădeau cu timpul.

Tabela 2

Pierderile de condensat în primele luni de funcționare (în m³)

	Luna 1	Luna 2	Luna 3	Total
Cazul 1	71 570	56 320	62 825	199 715
Cazul 2	65 375	19 776	9 960	95 111

Scăderea este deosebit de lentă pentru cazanul nr. 1. Dacă și condensatul necorespunzător ar fi fost recirculat, scăderea era și mai lentă. Numai prin purjări, cît de intense ar fi fost ele, abia după ani de funcționare s-ar fi ajuns la un condensat tot timpul corespunzător.

În cazul cazanelor ce au mai funcționat, scopul spălării acide a fost în primul rînd îndepărtarea depunerilor ce s-au format în timpul funcționării.

Compoziția soluțiilor de spălare

Soluțiile de spălare sînt, în general, soluții diluate de acizi care dizolvă anumite componente ale depunerilor, distrugînd structura compactă a depunerii. În felul acesta există posibilitatea îndepărtării mecanice și a unor componente insolubile. Efectul mecanic se realizează prin circulația lichidului spălător.

Orice soluție acidă atacă mai mult sau mai puțin intens și metalul țevilor. Pentru a micșora, pe cît posibil, acest efect nedorit, se adaugă soluțiilor acide inhibitori de coroziune. Încă din perioada de început a tehnologiei spălării acide a cazanelor au fost folosite soluții diluate de acizi minerali, ca HCl, H_2SO_4; H_3PO_4 și H_2CrO_4. În ultima vreme au început să fie folosiți acizi organici ca acidul formic și acidul citric. Acidul citric, cu toate că este un acid slab, a dat rezultate surprinzătoare. Aceasta se datorește proprietății sale de a forma complecși cu anumite componente ale depunerii. Datorită acidității reduse, agresivitatea față de metal a scăzut mult. Văzînd că efectul de dizolvare a depunerii se datorește mai mult proprietății de complexare, s-a redus și mai mult aciditatea soluțiilor folosind citrați de sodiu sau de amoniu. Mărind treptat *p*H-ul soluțiilor, s-a observat totuși o scădere a efectului de spălare.

Agresivitatea acizilor față de metal (Fe) se datorește proprietății lor oxidante.

$$Fe^{0} \xrightarrow{-2e^{-}} Fe^{+2}$$

Pentru dizolvarea depunerilor nu este necesar și nici nu este de dorit acest efect oxidant. Pentru a-l reduce la minim și pentru a lucra totuși în medii slab acide, s-au folosit cu succes soluții de citrat de amoniu, cu adaos de hidrazină, un reducător puternic. Asemenea soluții dizolvă foarte bine depuneri ce conțin oxizi de fier. Un alt acid care prezintă proprietăți complexante, față de aproape toate componentele depunerilor de cazan (cationii), este acidul etilendiaminotetraacetic (EDTA). Sarea disodică a acidului etilendiaminotetraacetic (Complexon III sau Trilon B), în amestec cu hidrazină, prezintă pînă în prezent cele mai bune proprietăți de dizolvare a depunerilor. Agresivitatea redusă permite spălarea cazanelor la temperaturi ridicate, 210°C și 20 at, fără inhibitori, folosind pompa de alimentare ca pompă de recirculare și degazorul termic ca rezervor. Pentru a putea face o comparație, se redă în tabela 3 agresivitatea diferitelor soluții față de oțel [2].

Tabela 3

	Concentrația, %	Viteza de coroziune, g/m².h	
		la temperatură ambiantă	la fierbere
Distilat	–	0,05	0,50
Acid clorhidric	3,0	2,10	576
Acid citric	3,0	0,69	156,1
Acid citric	2,0	0,60	146,9
Acid citric	1,0	0,56	93,2
Citrat de amoniu	3,0	0,23	84,0
Citrat de amoniu	2,0	0,20	84,0
Citrat de amoniu	1,5	0,22	–
Citrat de amoniu	1,0	0,20	77,4
Complexon III	1,5	0,16	12,4
Complexon III	1,0	0,13	18,1
Complexon III	0,5	0,15	11,4

Cu toate că soluțiile de acizi organici prezintă o serie de avantaje tehnologice, prețul lor ridicat încă nu permite folosirea lor curentă.

Inhibitorii

Agresivitatea soluțiilor diluate de acizi minerali, față de oțel, poate fi mult micșorată prin mici adaosuri de substanțe — inhibitori de coroziune — care se adsorb pe suprafața metalului descoperit, împiedicînd reacția de coroziune prin frînarea procesului de formare și degajare a hidrogenului molecular. Inhibitorii cei mai ieftini și mai des folosiți sînt : urotropina, formalina și amestecuri de formalină și amoniac, care de fapt dau urotropină.

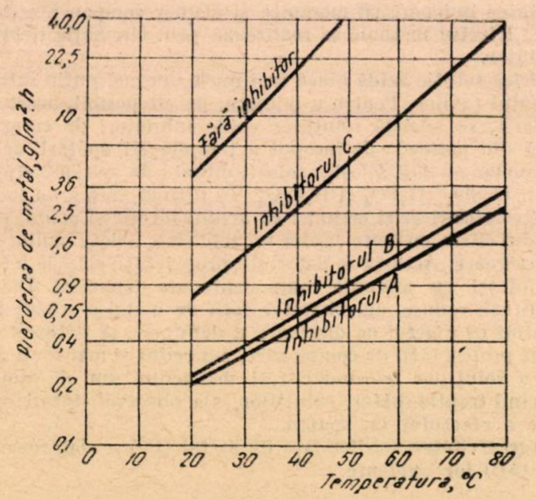


Fig. 2. Viteza de coroziune a oțelului sub acțiunea acidului clorhidric în prezența a diferiți inhibitori.

Eficacitatea unui inhibitor este caracterizată în primul rînd de capacitatea sa de inhibare, care se exprimă în procente și indică în ce măsură a fost redusă viteza de coroziune, datorită prezenței inhibitorului. Capacitatea de inhibare a inhibitorilor uzuali este de peste 90%. Ea depinde de mulți factori, cum ar fi : natura inhibitorului, concentrația lui, felul acidului, temperatura de lucru și natura metalului (oțelul). Diagramele din figurile 2, 3, 4 și 5 ilustrează acest lucru [3].

În ultima vreme s-au descoperit inhibitori cu un efect deosebit — polietanolamine — care prezintă o capacitate de inhibare de peste 99% [3], [[4].

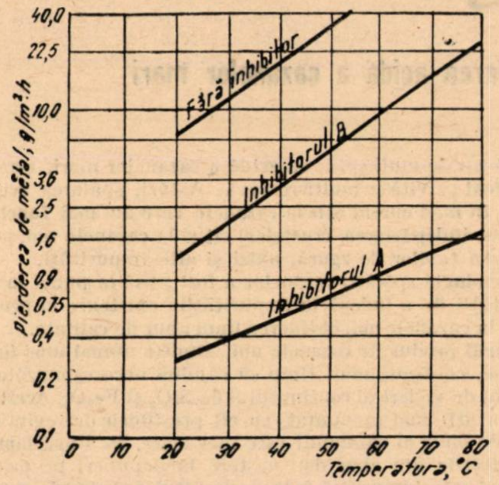


Fig. 3. Viteza de coroziune a acidului sulfuric în prezența a diferiți inhibitori.

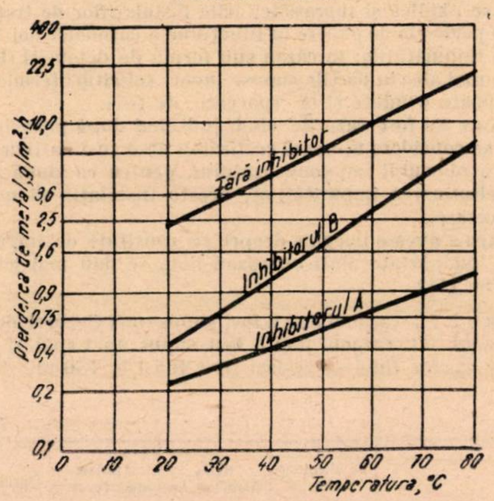


Fig. 4. Viteza de coroziune a acidului citric în prezența acelorași inhibitori.

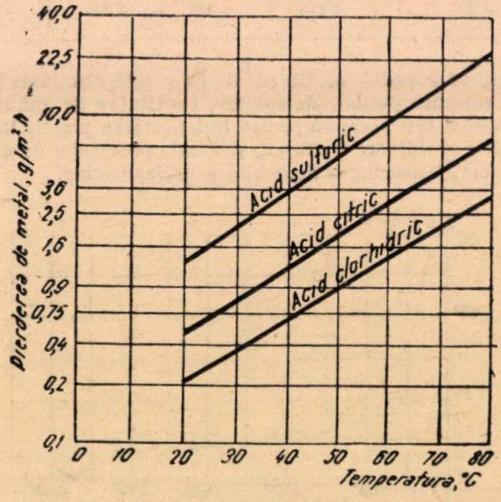


Fig. 5. Viteza de coroziune pentru diferiți acizi în prezența aceluiași inhibitor.

Pentru practică, nu capacitatea de inhibare prezintă importanță, ci pierderea efectivă de metal în timpul spălării. O soluție deosebit de corosivă, chiar inhibată 99%, poate să producă o pierdere neadmisibilă de metal. Pierderea maximă admisibilă de metal în urma unei spălări este de 20 g/m². Aceasta corespunde unei pierderi în grosimea peretelui ţevii de 3/1 000 mm. Condiţiile de spălare vor fi alese întotdeauna în aşa fel ca această cifră să nu fie depăşită.

Agenţii de udare sînt substanţe care, în concentraţii foarte mici, favorizează contactul între soluţie şi depunere şi înlesnesc îmbibarea acesteia cu acid. Detergenţii sintetici sînt în general agenţi de udare ce pot fi folosiţi ca adaos în soluţiile de spălare.

Rezistenţa oţelurilor la coroziune

Nu toate oţelurile rezistă la fel de bine acţiunii corosive a soluţiilor diluate de acizi care conţin şi inhibitori. Oţelurile slab aliate rezistă în general bine, spre deosebire de oţelurile puternic aliate, mai ales cele care conţin mult Cr pe lîngă mult C. Acestea sînt puternic atacate şi din această cauză nu pot fi supuse unei spălări acide, chiar în prezenţa celor mai buni inhibitori [3].

Tabela 4

Pierderea prin coroziune

Oţelul	g/m².h	Oţelul	g/m².h
13CrMo44/Co40	0,1	X20Cr13	0,32
X10CrNiNb189	0,12	C22/X260Cr27	0,60
C22/X8Cr15	0,32	X40Cr13	0,60
C22/X8Cr18	0,32	X20Cr13 nitrurat	3,8
13 CrMo44	0,32	32CrAlM04 nitrurat	18,5

Cum în componenţa multor armături intră piese de etanşare confecţionate din asemenea oţeluri, acestea trebuie îndepărtate, înlocuite cu altele din alt material sau protejate prin acoperire cu lac, pe perioada spălării.

Degajarea de hidrogen gazos

În urma reacţiei acidului cu metalul se formează hidrogen, care se degajă sub formă de hidrogen gazos. Intensitatea degajării este proporţională cu intensitatea cu care are loc atacul metalului. Trebuie avut, însă, în vedere că în timpul procesului de spălare acidă se pot degaja şi alte gaze, ca de exemplu CO_2. De asemenea trebuie luat în seamă faptul că hidrogenul este un gaz inflamabil şi poate da naştere, împreună cu aerul, la amestecuri explozibile. În cazul unui proces de spălare ce se desfăşoară normal, intensitatea degajării hidrogenului este de 0,4 — 0,8 l/m².h.

Tehnologia spălării cazanelor

Schema tehnologică. Pentru spălarea acidă a cazanelor este necesară realizarea unei scheme de preparare şi recirculare a soluţiilor, asemănătoare celei din figura 6, compusă dintr-un rezervor de recirculare, o pompă de recirculare şi conducte de legătură cu cazanul. Toate aceste elemente ale circuitului vor trebui confecţionate din oţel slab aliat [4].

Rezervorul de recirculare este prevăzut cu un perete despărţitor, care îl împarte în două compartimente, sticlă de nivel, două goliri de fund şi trebuie să aibă un volum util de cel puţin 1/4 din volumul de apă al cazanului, pentru a putea realiza o omogenizare suficientă a concentraţiei soluţiilor. Peretele despărţitor are scopul de a realiza o decantare a impurităţilor mecanice sau a reactivilor solizi nedizolvaţi, înainte ca lichidul să ajungă la aspiraţia pompei. În primul compartiment se introduce un cadru cu găurele pentru barbotaj cu abur. Tot în primul compartiment refulează conducta de recirculare directă, conducta de recirculare prin cazan, conducta de condens, apă dedurizată sau demineralizată şi eventual conductele de legătură cu staţiile de preparat soluţii de acizi diluaţi şi alcalii diluate. Conducta de retur de la cazan va fi prevăzută cu o ramificaţie pentru golire directă la canal.

Pompa de recirculare, o pompă centrifugă din oţel slab aliat sau material anticorosiv, trebuie să asigure un debit care să realizeze o viteză de circulaţie de cel puţin 0,3—0,5 m/s în ţevile-ecran. Pentru ca pompa să nu fie prea mare, recircularea se poate face succesiv prin cîte un singur fascicul de ţevi-ecran.

Conductele de legătură se dimensionează în aşa fel, încît viteza de circulaţie în ele să nu depăşească 5 m/s. Legătura cu cazanul se realizează la orificiile de vizitare ale colectoarelor inferioare. Toate sudurile se execută îngrijit, incluziunile de zgură dizolvîndu-se uşor sub acţiunea acizilor.

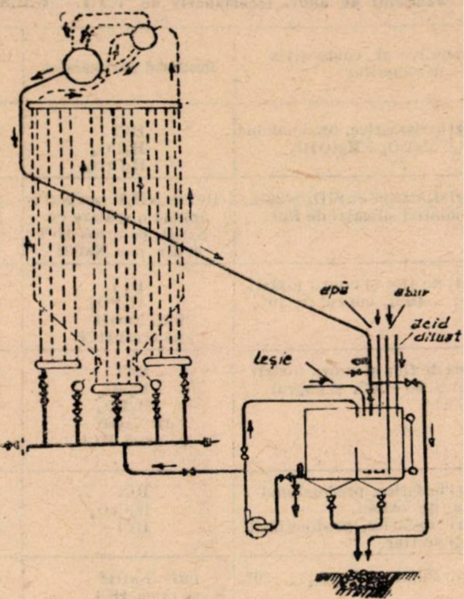


Fig. 6. Schemă de prepare şi recirculare a soluţiilor.

Groapa de neutralizare se umple cu bulgări mari de calcar. Ea poate fi improvizată într-un puţ de vizitare al canalizării, prevăzut cu grătare de lemn corespunzătoare, care să nu permită pătrunderea bulgărilor în reţeaua de canalizare.

Circuitul. În schema din figura 6 există două circuite: circuitul mic: rezervor — pompă — rezervor, pentru dizolvarea reactivilor solizi, şi circuitul mare: rezervor — pompă — colectoare inferioare — fascicule de ţevi de ecran — tambur mic — tambur mare — rezervor, pentru realizarea spălării cazanului.

Ţevile de abur ale tamburului mare se izolează prin astuparea orificiilor cu dopuri de lemn. La ieşire şi intrare în rezervorul de recirculare, conductele de legătură sînt prevăzute cu termometre şi locuri de luat probe. Încălzirea soluţiei se poate realiza fie prin barbotare de abur, fie prin încălzire cu 1—2 arzătoare de gaz sau păcură. În cazul folosirii arzătoarelor trebuie să se lucreze cu mare atenţie pentru a evita supraîncălziri locale. Barbotajul mai are scopul de a grăbi dizolvarea reactivilor solizi.

Procesul de spălare. Cazanele noi, sau cele ale căror suprafeţe interne s-au uscat, se supun unei prealabile spălări de degresare sau înmuiere, folosind o soluţie alcalină compusă din 2 % Na_3PO_4 şi 2 % Na_2CO_3, la care se poate adăuga 0,1 % metasilicat de sodiu sau 0,005—0,01% detergent. Se lucrează la 90 — 98°C, recirculînd simultan prin toate fasciculele de ecrane, timp de 12—24 ore. După această spălare urmează o clătire cu apă în circuit deschis şi pe urmă spălarea acidă.

Cazanele noi se spală, de obicei, cu o soluţie de 5—7 % HCl, cu 0,2 % urotropină (hexametilentetramină) ca inhibitor, timp de 12 ore la temperatura ambiantă, 20—30°C).

Cazanele care au funcţionat şi prezintă depuneri se spală cu soluţii acide a căror compoziţie este determinată de natura depunerii. Durata procesului de spălare şi temperatura de lucru se determină în laborator. În primul rînd se determină intensitatea de coroziune a soluţiei acide cu inhibitor asupra unei probe de ţeavă curată. Aceasta nu trebuie să întreacă 1,3—2,5 g/m².h. După aceea se determină, în condiţii hidrodinamice asemănătoare celor din cazan, viteza de dizolvare a crustei de pe o probă de ţeavă încrustată. După spălarea acidă urmează din nou o clătire cu apă şi în final recircularea unei soluţii diluate de amoniac, care are scopul de a neutraliza urmele de acizi. În tabelele 5 şi 6 este dată compoziţia soluţiilor acide pentru îndepărtarea diferitelor depuneri şi concentraţia inhibitorilor [4].

Tabela 5

Compoziţia şi concentraţia soluţiilor de spălare pentru curăţirea chimică a cazanelor de abur, recomandate de V.T.I. —U.R.S.S.

Denumirea şi compoziţia depunerilor	Reactivul recomandat	Concentraţia, %
Depuneri carbonatice, predominînd $CaCO_3+MgCO_3+Mg(OH)_2$	HCl H_3PO_4 H_2CrO_4	2–5 6–7 3–4
Depuneri silicatice cu $SiO_2 > 20\%$, predominînd silicaţii de fier	HCl cu NH_4F sau NaF, urmînd o spălare cu NaOH, pe urmă HCl şi din nou NaOH	2,5–2,6* 1 4 1
Depuneri de fier şi cupru (oxizii de fier > 40%, cuprul 5–10%)	HCl H_3PO_4 întîi NaOH pe urmă HCl	5–6 6–7 1–2 4–5
Depuneri de fier şi cupru (oxizii de fier > 60–70% şi cuprul 5–15%)	HCl H_2SO_4 H_3PO_4 întîi NaOH pe urmă HCl	3–5 2–3 6–7 1–2 4–5
Depuneri fosfatice, predominînd fosfatul de calciu.	HCl H_2CrO_4	4–5 3–4
Depuneri fosfatice, predominînd fosfaţii de fier	HCl	5–6
Depuneri sulfatice $CaSO_4$ 15–20%	întîi NaOH pe urmă HCl	0,5–1 5–6

* Concentraţia NH_4F sau NaF este de 15–20 g/l.

Tabela 6

Variaţia concentraţiei inhibitorilor în funcţie de concentraţia soluţiei acide, după datele V.T.I — U.R.S.S.

Inhibitorii	Concentraţia HCl, H_2SO_4, H_3PO_4, %					
	2	3	4	5	6	7
	Concentraţia inhibitorului, g/l					
Urotropină	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0
Formalină (40% HCOH)	5,0	5,0	6,0	6,0	7,5	9,0
Amestec format din formalină 40% — amoniac 25%	4,8 +2,9	4,8 +2,9	6,4 +3,8	6,4 +3,8	8,0 +4,7	9,6 +5,7

Pentru soluţiile indicate mai sus, timpul de spălare este de 6–8 ore la 50–70°C şi 12–15 ore la o temperatură pînă la 50°C, în cazul unor depuneri obişnuite.

Tehnologia spălării. Cazanul se umple cu apă prin intermediul rezervorului şi al pompei de recirculare. Recirculînd apa prin toate ecranele şi încălzind treptat, temperatura apei se ridică pînă la temperatura de lucru. Se introduc pe rînd reactivii în circuit, omogenizînd soluţia prin recirculare în circuitul mare. Substanţele solide se dizolvă prin recirculare în circuitul mic şi barbotînd abur. Abia după dizolvarea lor completă, soluţia este trimisă în circuitul mare. După adaosul fiecărui reactiv se face o recirculare de omogenizare. În cazul preparării soluţiilor acide se adaugă întîi inhibitorul şi abia după aceea acidul. După terminarea spălării, soluţiile se evacuează direct la canal prin dislocuire cu apă. Apa de spălare ce a trecut o dată prin circuit se evacuează la canal pînă la obţinerea unei alcalinităţi, respectiv acidităţi de 2 mval/1 (faţă de fenolftaleină).

În tot timpul procesului, cazanul rămîne umplut cu lichid. Lichidele se dislocuiesc pe rînd. În final, cazanul se clăteşte cu o soluţie diluată de amoniac în apă demineralizată sau dedurizată. În această stare, cazanul fie că se pune în funcţiune, fie că trebuie conservat umed prin umplere completă cu o soluţie diluată de sulfat sau hidrat de hidrazină în apă demineralizată sau condensat*. În nici un caz nu este voie să fie golit şi lăsat umed în contact cu aerul, deoarece în scurt timp se corodează puternic.

Controlul procesului constă în determinarea periodică a acidităţii, respectiv a alcalinităţii, şi supravegherea temperaturii soluţiilor. În cazul soluţiilor acide, concentraţia acidului scade în urma reacţiilor ce au loc cu metalul, acizii etc. Pentru menţinerea unei anumite concentraţii, este necesară introducerea unor cantităţi noi de acid în circuit. Totodată, poate fi urmărită, în fluidul de spălare, creşterea concentraţiei unui anumit component provenit din impurităţile aflate în cazan. În acest caz trebuie avut în vedere că există soluţii care au proprietatea de a masca anumiţi ioni prin complexare, iar alţi componenţi pot fi dislocaţi sub formă de suspensie. În legătură cu urmărirea concentraţiei fierului, se menţionează că fierul trecut în soluţie poate proveni atît de la dizolvarea depunerilor cît şi de la atacul metalului.

Protecţia muncii

Personalul care execută spălarea trebuie să fie dotat cu următorul echipament de protecţie: combinezon cauciucat cu glugă, mănuşi de cauciuc, cizme de cauciuc, şorţ cauciucat, ochelari de protecţie, mască de gaze.

De asemenea trebuie luate în considerare toate normele de tehnica securităţii muncii privind manipularea acizilor şi alcaliilor concentrate. În cazul folosirii acidului fluorhidric sau al fluorurilor trebuie respectate măsurile de precauţie specifice pentru aceste produse.

Bibliografie

[1] Kretzer, R. *Trebuie decapate cazanele mari?* Mitt. VGB, nr. 77, apr. 1962, p. 31–38.

[2] Mamet, A. P. şi Vlasova, E. F. *Studiu privind dizolvarea depunerilor din cazane cu ajutorul reactivilor care formează compuşi complecşi.* Teploenerghetika IX (1962), nr. 11, p. 69–74.

[3] Leyer, A. M. *Protecţia metalului în cazul spălării acide a cazanelor mari.* Mitt. VGB, nr. 76, febr. 1962, p. 31–38.

[4] Skrob, M. S. şi Prohorov, F. G., *Prepararea apei şi regimul apei în centralele electrice cu turbine cu abur.* Gosenergoizdat, Moscova, 1961, p. 66–70.

[5] Heitmann, H. G. *Curăţirea chimică a cazanelor Benson.* Mitt. VGB, nr. 62, oct. 1959, p. 319–334.

[6] Seyb, E. *Îndepărtarea ruginii şi arsurii din generatoare de abur.* BWK 12 (1960), nr. 1, p. 9–13.

[7] Stanisavlievici, L. *Spălarea acidă a cazanelor de presiune înaltă.* Energetica VIII (1960), nr. 4, p. 184–185.

---

* 100 mg/l $N_2H_4+NH_3$, $pH\sim10$.

Pentru tînărul inginer

Contaminarea izolației

Ing. **IOSIF ADĂMUȚ** și ing. **MIRCEA PETCU**

Problema stabilirii nivelelor de izolație a liniilor și stațiilor electrice este în permanentă discuție în diversele foruri electrotehnice naționale și internaționale. Aceasta se datorește, pe de o parte, progresului continuu realizat în construcția aparatajului de comutație și de protecție contra supratensiunilor, fapt care conduce la reducerea nivelului de izolație, iar pe de altă parte diverselor aspecte noi ce apar în practica de exploatare a sistemelor electroenergetice.

Un astfel de fenomen neluat în considerare la proiectarea primelor instalații electroenergetice, dar care s-a impus din ce în ce mai mult o dată cu dezvoltarea industriei, este scăderea izolației datorită depunerilor din atmosferă. Acest fenomen, denumit contaminarea izolației, constă în degradarea izolației externe a liniilor și stațiilor din cauza depunerilor existente în atmosfera înconjurătoare. Lucrarea de față pune la dispoziția unităților de exploatare și proiectare o serie de elemente care intervin la aprecierea gradului de izolație din zonele caracterizate prin depuneri.

1. Surse de contaminare. Repartiția lor în R.P.R. și efectele contaminării asupra instalațiilor electroenergetice

Depunerile ce au loc pe izolatoare sînt de mai multe feluri :

— Depunerile datorite funcționării diverselor uzine industriale, formate din cenușă-funingine, praf de ciment, acid etc. Cantitățile anuale medii sînt, după standardul britanic [1], de circa 90 tone pe milă pătrată (34 g/m²), iar în zonele mai greu contaminate — de 250—600 t/milă pătrată. an (adică 100—240 g/m²). Aceste cifre sînt valabile în zonele învecinate centralelor electrice, uzinelor industriale, uzinelor chimice, fabricilor de ciment, zonelor carbonifere etc. În zonele industriale, aerul conține 1 mg de impurități în suspensie pe m³ și ajung pe sol pînă la 300 t/km². an, iar pe izolator se depun 20—30 g/m² [2].

— Depunerile în zonele apropiate de coasta mării, constînd din sarea existentă în mod permanent în atmosferă, precum și din sarea pulverizată din apa mării cu ocazia furtunilor [3] ; cantitatea de săruri depusă variază între 0,5 și 2 g/m² [3].

— Depuneri naturale provenite de la sol sau plante : praf, gunoi, polen etc. [4].

În țara noastră există condiții de contaminare a izolației datorită tuturor cauzelor menționate în literatură : cauze naturale, cauze industriale [5], precum și influențe maritime [6].

Contaminarea industrială a apărut o dată cu dezvoltarea industrială a țării, fiind datorită, în ordinea importanței, următoarelor cauze : centralelor termoelectrice, în special cele care funcționează pe lignit, industriei chimice, industriei siderurgice, industriei metalurgice, transportului, industriei miniere, încălzitului locuințelor.

Centralele termoelectrice pe lignit sînt un element important de impurificare a atmosferei, datorită cantității mari de cenușă și de SO_2 rezultate prin ardere. S-a calculat [5] că în 1965, la cantitatea de 4 mil. t/an lignit ce urmează a se arde în centrale, vor rezulta 850 000 t/an cenușă zburătoare și 140 000 t/an SO_2.

În tabela 1 sînt cuprinse concentrațiile de cenușă și SO_2 la sol (valori maxime informative), la o viteză a vîntului de 6 m/s, potrivit unor date relativ recente [5]. Aceste depuneri se împrăștie pe o zonă destul de întinsă în jurul termocentralelor.

În figura 1 se reprezintă punctele în care s-au măsurat cantitatea de depuneri la sol și concentrația SO_2, în jurul a două termocentrale importante din R.P.R. Se remarcă, din figura 1, că zona de depuneri este depărtată la 2—3 km.

Contaminarea datorită influenței climei maritime se observă în exploatarea instalațiilor electroenergetice de pe litoral Mamaia-Mangalia. În [6] se menționează că pe litoralul Mării Negre, zona de cotaminare salină se poate extinde pînă la 3—5 km de la litoral. Izolatoarele se contaminează cu sarea existentă permanent în atmosferă, precum și cu sarea transportată de picăturile de apă pulverizate și antrenate de vînt, atunci cînd marea este furtunoasă. După evaporarea apei, sarea rămîne pe suprafața izolatorului. Cantitatea de sare depusă depinde de salinitatea permanentă a atmosferei, de furtunile mării, de temperatura atmosferei la mal, de viteza vîntului, de cantitatea de precipitații și de alți factori. În [3] se dă o explicație similară procesului de contaminare în zone maritime.

Tabela 1

Concentrații de cenușă și SO_2 la sol (valori maxime informative) pentru viteza vîntului de 6 m/s

Nr. crt	CTE pe cărbune	Concentrații la sol	
		cenușă, mg/m³	SO_2, mg/m³
1	CTE Schitu-Golești	3,8	1,85
2	CTE Gura-Barza	3,01	1,224
3	CTE Ovidiu II	1,27	0,92
4	CTE Doicești	1,835	1,50
5	CTE Paroșeni	0,45	0,496
6	CTE Craiova	0,058	0,155

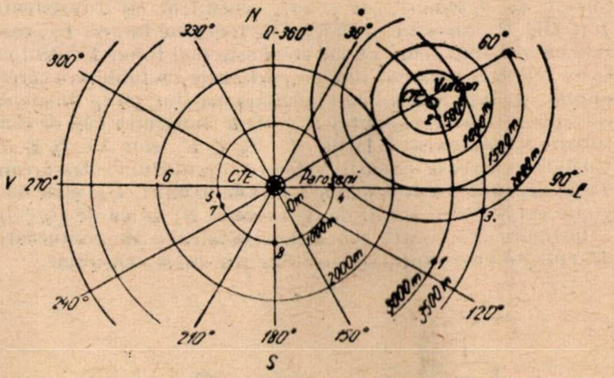


Fig. 1. Depunerile de cenușă și concentrațiile de SO_2 la sol în vecinătatea CTE Paroșeni și Vulcan, după [5].

Dintre toate tipurile de contaminare posibile, se întrevede în viitor că numai contaminarea naturală și cea din zone maritime vor pune probleme mai dificile exploatării. Aceasta se bazează pe faptul că contaminarea industrială va fi cu timpul eliminată în foarte mare măsură, deoarece considerente de ordin sanitar cer să se curețe aproape total gazele de ardere [3], [4], [5] și praful de ciment, produsele chimice etc. Celelalte două tipuri de contaminări menționate rămîn însă ca probleme ce trebuie rezolvate direct.

Contaminarea, în general, are ca urmare reducerea gradului de izolație a liniilor și stațiilor electrice exterioare.

Reducerea gradului de izolație conduce la apariția unui număr mare de avarii [7]. Astfel, în Anglia [19], într-o singură noapte (19/20 dec. 1933) au avut loc 19 conturnări pe o linie de 132 kV ; în perioada 1951—1955 au avut loc 0,21 defecte/100 km. an la liniile de 132 kV, datorită contaminării cu sare, din 0,36 defecte/100 km. an, din cauza tuturor contaminărilor, față de 0,665 defecte/100 km. an, datorită trăsnetului.

La o termocentrală din Ungaria se indică, de asemenea, cazul unor avarii frecvente, datorită contaminării industriale [22]. Aplicarea unui strat de grăsime siliconică pe suprafaţa izolatorului a rezolvat problema pentru moment. Cunoaşterea acestui procedeu şi în R.P.R. va fi utilă rezolvării cazurilor de contaminare de acest gen.

Din practica exploatării s-au observat şi în R.P.R. frecvente avarii datorite contaminării cu produse industriale sau contaminării naturale. Astfel, la o CTE ce alimentează o fabrică de produse chimice au avut loc dese avarii datorită depunerilor de acid, iar o linie de transport de 110 kV de pe Valea Ialomiţei declanşa vara deseori la răsăritul soarelui.

2. Fizica şi factorii care caracterizează contaminarea; comportarea izolaţiei contaminate

Explicaţii ale fizicii fenomenului de conturnare în cazul izolatoarelor contaminate s-au dat de către prof. Obenaus [8], [9], de colaboratorii săi [10] şi de H. Cron [13], [14]. În primele lucrări se indică schema echivalentă a conturnării de-a lungul liniei de conturnare, K din figura 2. Fenomenul de conturnare are loc ca o descărcare superficială sau uneori chiar ca o străpungere de dielectric. Conturnarea totală este precedată de descărcări locale ce au loc datorită neomogenităţii cîmpului electric în unele zone ale suprafeţei contaminate. Aceste predescărcări pot usca suprafaţa izolatorului, stingîndu-se sau, în cazurile cînd sînt alimentate cu umezeală din exterior datorită ceţii, burniţei sau rouăi, pot să fugă din loc în loc, să se extindă şi să conducă la o conturnare totală. Tensiunea de conturnare, în acest caz, trebuie să egaleze căderea de tensiune în stratul semiconductor, format de depuneri, care este echivalent cu o rezistenţă $R\ (l)$ (fig. 2), precum şi căderea de tensiune în arc, U_l, care este cu atît mai mare cu cît arcul este mai lung. Evident că toate cele trei tensiuni sînt proporţionale cu lungimea corespunzătoare lor. Notînd cu l lungimea arcului, cu l_R lungimea corespunzătoare rezistenţei R şi cu K lungimea căii de conturnare, vom avea relaţiile $l + l_R \leqq K$ sau $l + l_R \geqq K$, valabile în diverse situaţii. Valoarea curentului de descărcare I este dependentă de tensiunea faţă de pămînt, U_B, şi de lungimea echivalentă a căii de conturnare, K, adică de $(l_R + l)$.

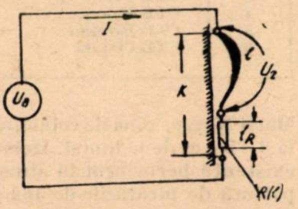
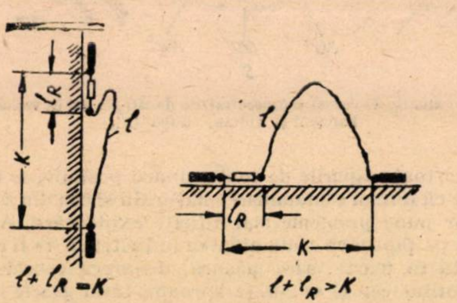


Fig. 2. Schema echivalentă a conturnării pe o suprafaţă izolantă contaminată, după [8].

În figura 3 se arată schemele echivalente ale conturnării de-a lungul unei suprafeţe verticale şi a uneia orizontale.



a) b)

Fig. 3. Lungimea arcului în cazul unei suprafeţe verticale şi al unei suprafeţe orizontale, după [8].

Datorită fenomenelor de încălzire şi mişcare a aerului. precum şi forţelor electrodinamice care iau naştere în poziţie orizontală, arcul va avea în acest caz o lungime mai mare, fiind valabilă relaţia $l + l_R > K$ (fig. 3, *b*). În cazul poziţiei verticale este valabilă relaţia $l + l_R = K$ (fig. 3, *a*). Relaţia $l + l_R < K$ are loc, în special, la suprafeţe izolante ale căror renuri au rigiditatea dielectrică şuntată de depunerile de pe suprafaţa izolatorului. În acest caz se poate ca $l + l_R = s$, unde s este distanţa de conturnare în aer a izolatorului, mult mai mică decît lungimea căii de conturnare pe suprafaţa lui, K.

2.1. *Condiţii de manifestare a fenomenului de contaminare*

Depunerile din atmosferă ce se sedimentează pe izolatoare slăbesc izolaţia liniilor şi staţiilor într-o mare măsură ; din figura 4 se observă că, în cazul contaminării în zone maritime, la o creştere a cantităţii de sare depusă pe suprafaţa izolatorului de la 0,004 g/m^2 la 0,02 g/m^2, tensiunea de conturnare scade de la 250 la 110 kV [3].

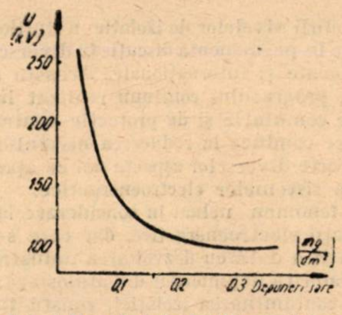


Fig. 4. Dependenţa tensiunii de conturnare de cantitatea de sare depusă, după [6].

Diminuarea capacităţii de izolare este cu atît mai însemnată cu cît stratul de depuneri este mai umed. Atît timp cît suprafaţa contaminată este uscată, tensiunea de conturnare este practic egală cu a unei suprafeţe curate ; umiditatea este deci o condiţie de manifestare a contaminării. Apariţia unei diferenţe de temperatură, însoţită de o condensare lentă (rouă sau ceaţă), conduce la slăbirea izolaţiei şi la producerea conturnării. În acest mod se explică aşa-zisul „effet du matin'' (efectul de dimineaţă), care provoacă vara, la răsăritul soarelui, declanşări ale liniilor de transport ce trec prin zone muntoase sau pe văile rîurilor. De menţionat că aceste procese de umidificare lentă au un efect mult mai intens asupra slăbirii izolaţiei decît ploaia puternică [4], [7].

Efectul umidităţii spaţiului înconjurător asupra izolatoarelor conduce la creşterea conductibilităţii şi a curentului de fugă. Din figura 5 se observă [12] că, începînd de la umiditatea relativă de 75—80%, curentul de fugă creşte brusc.

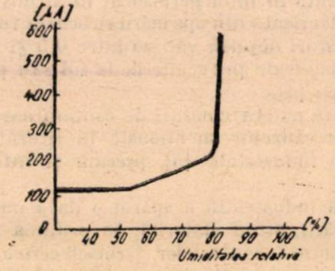


Fig. 5. Curentul de scurgere în funcţie de umiditatea relativă la un lanţ $7 \times K_3$, după [12]

În tabela 2 se dau tensiunile de conturnare ale unui lanţ de izolatoare format din patru elemente în diverse stări ale suprafeţei, pentru reliefarea importanţei contaminării la scăderea gradului de izolaţie.

*Tabela 2**

Tensiunea de conturnare	
În stare uscată (undă de impuls)	470 kVmax
În stare uscată la 50 Hz	315 kVef
Sub ploaie normalizată în stare curată	220 kVef
În zonă foarte puţin contaminată	110 kVef
În zonă mijlociu contaminată	70 kVef
În zonă puternic contaminată	50 kVef
În zonă foarte contaminată	35 kVef

* După [11].

2.2. *Natura și forma stratului de depuneri*

O influență deosebită asupra reducerii capacității de izolare o are praful de depuneri, care depășește în importanță pe ceilalți factori [13]. Această influență depinde de :

— compoziția și distribuția stratului de depuneri în stare uscată ;

— umidificarea ca intensitate și durată (un efect preponderent avînd roua, ceața, negura, ploaia măruntă).

Stratul de depuneri se caracterizează prin conductibilitatea sa ($\varkappa_s$), tensiunea de conturnare rezultînd ca funcție de aceasta : $U_e = f(\varkappa_s)$.

Variația tensiunii de conturnare în funcție de conductibilitatea superficială are loc după o curbă descendentă (fig. 6, după [14]).

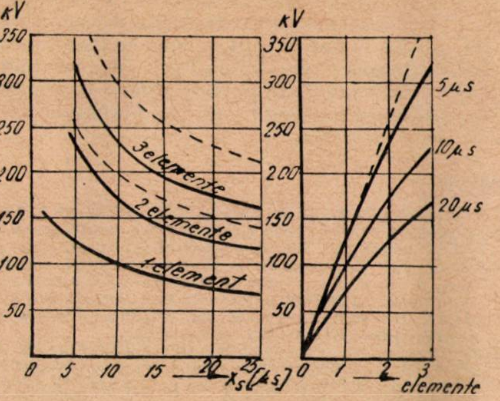


Fig. 6. Dependența tensiunii de ținere după conductibilitatea stratului de depuneri la un izolator VKL 75/14 în poziție orizontală, după [14].

S-a constatat că tensiunea de conturnare scade în special la depunerile care conțin săruri solubile. Modul de repartiție a stratului pe suprafața izolatorului contribuie, de asemenea, la valoarea tensiunii de conturnare [13]. Astfel, un izolator va avea o tensiune de conturnare mai ridicată în cazul cînd este contaminat numai pe jumătate de circumferință decît în cazul cînd toată circumferința este contaminată. De asemenea, creșterea grosimii stratului conduce la reducerea tensiunii de conturnare, datorită creșterii conductibilității, precum și neuniformității de distribuție a tensiunii. Uniformitatea stratului conduce la scăderea tensiunii de conturnare cu circa 10% față de cazul în care aceeași depunere ar fi în strat neuniform.

2.3. *Calea de conturnare pe suprafața izolatorului (linia de fugă)*

Linia de conturnare minimă este un factor important în aprecierea comportării izolatoarelor în zone cu depuneri. Acest factor a fost considerat într-o perioadă ca un criteriu suficient pentru aprecierea gradului de izolație ; în ultimii ani însă [3], [4], [8] s-a arătat că mai sînt necesari unii factori complementari. Totuși calea de conturnare este încă utilizată pe scară largă pentru diferențierea diverselor izolatoare la contaminare [7], [13], căutîndu-se forme speciale care la aceeași înălțime să aibă o cale de conturnare cît mai lungă.

Lungimea căii de conturnare are importanță în zonele cu depuneri, tensiunea de conturnare fiind mai mare cînd valoarea acesteia crește.

În tabela 3 se indică o normare a liniei de fugă (de conturnare) specifică după [4].

2.4. *Forma izolatorului*

Factorul de formă, *f*, a izolatorului pentru 100 cm lungime se deduce din relația [4] :

$$R = \rho \int_0^S \frac{\mathrm{d}S}{\pi D(S)} = \rho f,$$

Tabel a 3

Zone de contaminare	Caracteristicile zonei cu izolație degradată	Linia deugă (de conturnare) spe ifică, em kV
a	Cîmpii, nici o industrie, atmosferă curată	1,7 2,0
b	Depuneri slabe (zone limitrofe la zone industriale) Ceață intensă și frecventă (văile rîurilor)	2,2–2,5
c	Depuneri industriale intense (în apropierea de orașe mari și zone industriale)	2,6–3,2
d	Depuneri foarte intense și conductibile (în apropierea centralelor termice, fabricilor chimice ș.a.)	3,8

unde :

R este rezistența superficială totală a izolatorului ;
ρ — rezistența superficială a stratului de pe izolator ;
S — lungimea căii de conturnare (de fugă) ;
D — diametrul izolatorului, variabil cu S ;
f — factorul de formă, care are ca dimensiune inversul unei lungimi.

Această mărime arată comportarea izolatorului în zone cu depuneri. Pentru aceeași lungime a izolatorului este indicat ca *f* să fie cît mai mare. De aceea este recomandabil să aibă cît mai multe renuri pentru a se putea realiza întreruperi multiple ale predescărcărilor cu curenți de fugă mici și a se mări calea de conturnare. Acestea nu se pot mări însă oricît, fiindcă forma izolatorului cere să se păstreze o anumită înclinare a renurilor (de circa 1) pentru a se putea spăla de ploaie.

Factorul de formă are pentru izolatoarele liniilor aeriene de înaltă tensiune de construcție VDE valori de la 3,5 la 6,8. De menționat că izolatoarele cu un diametru mai mic au o tensiune de conturnare mai ridicată.

2.5. *Poziția izolatoarelor*

S-a constatat că izolatoarele de întindere se comportă mai bine decît izolatoarele de suspensie. Astfel, raportul conturnărilor dintre lanțurile de suspensie față de cele de întindere este de 30 :1, deși în linie raportul celor două tipuri de izolatoare este de circa 5 :1. Explicația menționată în literatură este următoarea : unirea descărcărilor parțiale dintre diversele elemente ale izolatorului de suspensie este favorizată de acțiunea termică realizată prin încălzirea aerului și ridicarea lui în sus, precum și prin tendința de dezvoltare verticală a arcului. La izolatoarele de întindere lipsește acest factor favorizant unificării arcului electric. De asemenea, spălarea de ploaie este mai favorizată de poziția întindere decît de poziția suspensie.

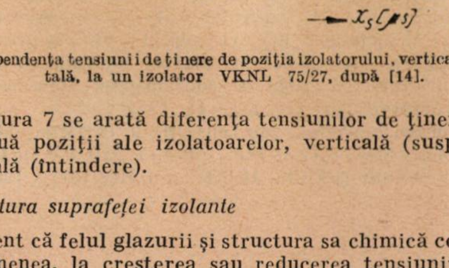


Fig. 7. Dependența tensiunii de ținere de poziția izolatorului, verticală și orizontală, la un izolator VKNL 75/27, după [14].

În figura 7 se arată diferența tensiunilor de ținere pentru cele două poziții ale izolatoarelor, verticală (suspensie) și orizontală (întindere).

2.6. *Natura suprafeței izolante*

Evident că felul glazurii și structura sa chimică contribuie, de asemenea, la creșterea sau reducerea tensiunii de conturnare.

În unele practici industriale se ung izolatoarele obișnuite cu grăsimi siliconice sau se fac izolatoare cu glazură semiconductoare, pe care grăsimea siliconică aderă mai bine.

Utilizarea siliconilor a dat satisfacție în unele instalații [22], totuși nu se pot trage concluzii asupra eficienței lor, neexistînd încă suficientă practică de exploatare [15].

2.7. *Comportarea izolatoarelor cu depuneri la diverse solicitări electrice*

Contaminarea reduce capacitatea de izolare numai la solicitări de tensiune de durată, și anume la tensiunea de serviciu; la supratensiuni atmosferice și interne are efect practic nul [4] sau neînsemnat [16]. De menționat că aplicarea tensiunii de încercare, timp îndelungat, duce la o caracteristică a tensiunii $U = f(t)$ descrescătoare cu timpul pentru cazul cînd umiditatea exterioară este permanentă [17] și crește tensiunea de conturnare atunci cînd predescărcarea are ca efect uscarea stratului de depuneri (fig. 8). Tensiunea de conturnare este variabilă și cu curenții de scurtcircuit ai rețelei, fapt care face ca în fiecare punct al rețelei să avem o altă tensiune de conturnare [18].

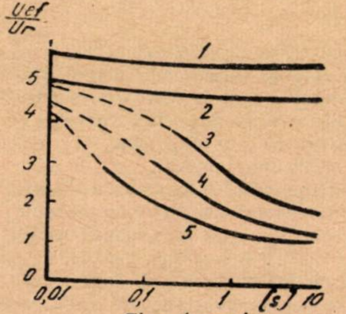


Fig. 8. Caracteristica tensiune-timp a unui izolator de 110 kV tip Langstab VKL 75/14 contaminat, după [17].

3. Stadiul studierii problemei contaminării izolației. Măsuri de prevenire și de reducere a efectelor ei

Problema contaminării izolației electrice a apărut în preocupările electroenergeticienilor o dată cu ridicarea tensiunilor liniilor de transport și de distribuție și cu dezvoltarea industrială generatoare de produse contaminatoare. Preocupări pentru cercetarea acestui fenomen au apărut în Anglia încă din anii 1934 [19], în Franța din 1948 [20]. S-a studiat încă în Germania [8], [12], [13], în U.R.S.S. [21], în Japonia [3] și în Ungaria [22] etc.

În R.P.R. problema contaminării a început să devină actuală în ultimii ani, o dată cu dezvoltarea impetuoasă a industriei și a sistemului electroenergetic. Din aceste motive, ea a fost deja inclusă în planul de cercetare al unor institute și întreprinderi.

De menționat că problema nu este încă complet lămurită și încă se duc discuții asupra criteriului celui mai potrivit de a se lua în considerare reducerea izolației prin depuneri și în special asupra încercărilor necesare a fi efectuate izolației externe pentru dimensionarea corectă a nivelului de izolație [23].

Pe baza practicii de exploatare și a cercetărilor efectuate s-au putut lua măsuri ce limitează efectele negative ale contaminării. Principalele măsuri aplicate pînă în prezent sînt :

a) Utilizarea unor izolatoare cu linie de fugă specifică minimă, variabilă cu zona de contaminare, denumite izolatoare anticontaminare [1], [3], [4], [24].

b) Spălarea periodică sub tensiune a izolatoarelor contaminate (U.R.S.S., S.U.A., etc.) pînă la 220 kV inclusiv [25] sau fără tensiune (Franța, R.P.R. sau alte țări) [26].

c) Lungirea lanțurilor de izolatoare (U.R.S.S. [21], Japonia [26] — la 275 kV, 30 elemente — R.P.R. etc.), măsură neeconomică, creșterea tensiunii de conturnare nefiind direct proporțională cu numărul izolatoarelor suplimentare. Spre exemplu, mărind numărul izolatoarelor de la 18 la 24, cu 33%, tensiunea de conturnare crește numai cu 18%.

d) Ungerea suprafeței izolatorului cu grăsimi siliconice [3] [19], [22], măsură recentă și deci neverificată încă de practică asupra eficienței sale tehnico-economice (durata stratului de silicon, cost etc.) [15].

Concluzii

Problema contaminării izolației electrice exterioare a devenit în prezent importantă și pentru instalațiile electroenergetice din R.P.R., datorită gradului de dezvoltare industrială. Studierea și cercetarea modului cum se comportă izolația externă în zonele contaminate în condițiile climatice ale R.P.R. (litoral, zone industriale etc.) vor contribui la rezolvarea problemei contaminării, ajunsă în prezent în stadiul de sintetizare a multor rezultate și a unei bogate experiențe în acest domeniu.

Bibliografie

[1] * * * *Specification for High Voltage post insulators* B.S. 3297, 1960.
[2] Leroy, G. M. *Problèmes posés par la pollution des isolateurs et remèdes mis en oeuvre*. Bull. Soc. F. El. august 1958, p. 512—516.
[3] Mitsujoshi Yamomoto și Kenzo Ohashi. *Salt Contamination of External Insulation of High-Voltage Apparatus and its Contermeasures*. AIEE Power App. and Syst., august 1961, p. 380—387.
[4] Gloyer, H. și Vogelsang, Th. *Freileitungsisolation in Fremdschichtgebieten*. ETZ-A nr. 7, 1957, p. 252.
[5] Avramescu, A., Pănoiu, N. și Augustin, R. *Metode și soluții tehnice pentru curățirea gazelor de evacuare la coș din centralele termoelectrice funcționînd pe lignitul ce se produce în R.P.R.*, Lucrare I.E. și ISPE, 1962, Memoriu.
[6] Kovacev, A. *Influența climei maritime asupra unor instalații electrotehnice la mare*. Traducere din revista bulgară Elektrotehnick *13* (1958), nr. 10, p. 358—359. Electrificare și electrotehnică, Caiet selectiv *12*, 1959, p. 25—26.
[7] Wittenzellner, Th. *Klimatische Einflüsse auf das Isoliervermögen von Freileitungsisolatoren*. El. Wirtsch. 1962, nr. 8, p. 212—217.
[8] Obenaus, F. *Kriechüberschlag von Isolatoren mit Fremdschichten*. El. Wirtsch., Bd. 59 (1960), nr. 24, p. 878—881.
[9] Obenaus, F. *Fremdschichtüberschlag und Kriechweglänge*. Dtsch. Elektrotechnik Bd. 12 (1958) , p. 135—137.
[10] Frischmann, W. *Fremdschichtüberschlag und Fusspunktwanderung* Wiss. Zeitschr. der. T. H. Dresden, Bd. 6 (1956/57), nr. 3, p. 529—536.
[11] *** *Discussion des 7 Communications concernant le problème des isolateurs et de pollution*. Bull. Soc. F. El., apr. 1959, p. 219—224.
[12] Schmidt, H. *Leckstrommessungen an Isolatorem unter naturlichen Fremdschichteinfluss*. Wiss. Zeit. der T. H. Dresden, 1961, nr. 3, p. 675—687.
[13] von Cron, H. *Essais des isolateurs recouverts superficiellement des couches étrangères reproductibles*. CIGRE 1956, Rap. 203.
[14] von Cron, H. *Bemerkenswerte Beobachtungen und Erfahrungen zum Verhalten fremdschichtbehafteter Isolatoren*. El. Wirtsch, dec. 1958, nr. 24, p. 795—804.
[15] Nasser, E. *Zum Problem des Fremdschichtüberschlager an Isolatorens*. ETZ-A 83 (1962)), nr. 11, p 356—365.
[16] Clayton, M. J. *Basic Parametres in Determining the Insulation Requirements of Transmission Lines*. AIEE Transactions (Power App. Syst). P. III, 1962, p. 259—263.
[17] Dorsch, H. *Spannungsbeanspruchungen und Isolationsbemessung von Hochspannungsschaltanlagen mit Betriebsspannungen bis 110 kV*. ETZ-A Bd. 83 (1962), nr. 6, p. 180—186.
[18] Frischmann, W. *Die Bedeutung der Kurzschlussstromstärke für den Fremdschichtüberschlag*. Wiss. Zeischr. T. H. Dresden *6* (1956/57), nr. 4. p. 743—748.
[19] Forest, S. Y., Lamberth, J. P. și Oakeshatt, F. D. *Research on the performance of high voltage insulators in polluted atmosphere*. Proc. Inst. Electr. Eng. (A) apr. 1960, nr. 32, p. 172—196.
[20] Gaillet, B. M. *Etude experimentale in situ de la tenue diélectrique superficielle sous la tension de service normal, de chaines d'isolateurs soumises à la pollution atmospherique*. Bull. Sc. Fr. El. sept. 1958, p. 584—586.
[21] Gleizer, D. M. *Usilenie izolații linii elektroperedaci v raionah intensivnih zagreaznennii*. Elektriceskie stanții, oct. 1961, p. 61—65.
[22] Geszti, O. P., Ignocz, P. și Ronkay, P. *Experiences concernant la déterioration de l'isolation due à la pollution atmospherique*. CIGRE 1960, Rap. 204.
[23] ** CEI. *Documente Reuniunea Interlaken, iunie 1961*, Comitet 28.
[24] Beleakov și Rașkes, S. V. *Despre caracteristicile noi ale izolatoarelor pentru instalații exterioare*. Elektricestvo 1962, nr. 1, p. 58—60.
[25] Burgess, T. *Unterhaltung von Unterspannung stehenden* Leitungen. GIGRE 1962, Rap. 411.
[26] Tanaka, N. *Etude et exploitation du réseau de transport T.H.T. autour de la région métropolitaine de Tokio*. GIGRE 1962, Rap. 408.

ENERGETICA
peste hotare

Mecanizarea construcției liniilor aeriene de energie electrică în U.R.S.S.

Ing. A. MĂCRIȘ

Mecanizarea lucrărilor de construcție a liniilor aeriene de transport al energiei electrice prezintă dificultăți și aspecte specifice față de mecanizarea șantierelor de construcții și montaje ale unor obiective industriale, de exemplu a unui șantier de construcții-montaj de centrală termoelectrică.

Caracterul specific al șantierului de linii constă în răspîndirea sa pe o lungime de zeci de kilometri, în volume relativ reduse de lucrări la fiecare punct de lucru (bornă), în lipsa studiată a unor elemente constructive în imediata apropiere a bornei, în forma specifică a stîlpilor (de lungimi și greutăți mari), în necesitatea executării unor fundații — mici șantiere de construcții — de-a lungul întregului traseu.

În mecanizarea lucrărilor de construcție a liniilor electrice aeriene, în U.R.S.S. s-au făcut progrese importante, realizîndu-se cele mai bune performanțe din tehnica mondială în acest domeniu.

În U.R.S.S., mecanizarea lucrărilor unui șantier de linii se referă la operațiile de ridicare și instalarea în poziție tehnologică a elementelor constructive (fundații prefabricate, stîlpi); extinderea acestor metode la toate punctele de lucru ale șantierului conduce la un volum de lucrări (tone) executat mecanizat de circa 90% din volumul total de lucrări.

Pentru realizarea mecanizării totale s-a mers pe două căi:

— industrializarea proceselor de execuție a liniilor prin folosirea fundațiilor prefabricate și a stîlpilor prefabricați, pentru a se reduce la minimum consumul de manoperă în condițiile unor șantiere de lucru organizate primitiv;

— utilizarea mecanismelor de ridicat clasice și crearea de noi mecanisme pentru ridicarea și fixarea fundațiilor și a stîlpilor.

Alegerea schemei de mecanizare la lucrările de linii este dictată de caracterul specific al acestor lucrări, așa cum s-a indicat mai sus. Numărul mare de puncte de lucru și volumul relativ redus de lucru la fiecare bornă elimină de la început mijloacele fixe de mecanizare (de exemplu macarale Derrick, macarale-turn etc.) și ne conduc la alegerea unor mijloace de mecanizare mobile (sau ușor deplasabile). Aceste mijloace depind de obiectul și lucrarea ce se execută. În cele ce urmează se vor examina cîteva aspecte.

Montarea fundațiilor

În U.R.S.S. se folosesc ca fundații ale liniilor electrice elemente prefabricate de tipul piloți, ciupercă, rigle și traverse.

La liniile de 35 kV pe stîlpii de susținere, cu bază îngustă, se folosesc fundații prefabricate cilindrice dintr-o singură bucată.

Piloții au secțiuni de 200×200, 250×250, 300×300 și 350×350 mm și lungimi de 5—6,5 m. Introducerea acestora în sol se execută mecanizat, prin metoda presării sau aceea a vibrării.

Pentru introducerea pilotului prin metoda presării, se forează în prealabil o fosă cilindrică, avînd diametrul de 40—50%, din diametrul pilotului. Fosa se forează cu ajutorul mecanismului BS-3A sau BS-4, instalat pe un camion cu pneuri. În cazul unei rezistențe prea mari a solului, fosa se umple cu apă pentru a micșora frecările. Pe perioada de iarnă se folosește apă încălzită la 70—80°C.

Presarea pilotului se execută cu ajutorul unui dispozitiv AVS-35, instalat pe tractor S—80.

Pentru piloții de dimensiuni mai mari, se folosește același dispozitiv, instalat pe două tractoare S—80 (fig. 1). Durata de presare a unui pilot cu acest dispozitiv este de 80 s.

Pentru introducerea pilotului prin metoda vibrării se utilizează dispozitivul de vibrat VPP-4 sau VVPS—20/11 (inclusiv generatorul pentru alimentarea electromotorului), instalat pe tractor S—100.

La această metodă, fosa se execută cu ajutorul unui dispozitiv denumit „lider", constînd dintr-o construcție metalică goală în interior, de secțiune pătrată de 160×160 mm, cu vîrful ascuțit. Secțiunea fosei trebuie să fie de maximum 50% din secțiunea pilotului.

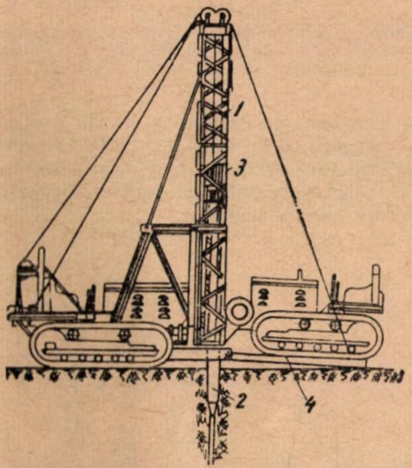


Fig. 1. Dispozitiv de presare a piloților AVS-35.

Celelalte tipuri de fundații prefabricate se montează cu ajutorul macaralelor pe pneuri de 3 t (AK—3/2, AKL—11, PAK—1), de 5 t (K—51) și macarale pe tractor S—80.

Fundațiile de tipul cel mai nou utilizat în U.R.S.S. sînt cele elicoidale, compuse dintr-o elice din fontă, fixate la capătul unui tronson de beton armat centrifugat.

Înșurubarea în pămînt a unei asemenea fundații se realizează cu dispozitivul MZS—13 pe tractor S—100 sau pe mașină IAZ—214. Mișcarea de rotație se transmite de la mandrina dispozitivului la elice printr-o cheie tubulară, ce trece prin interiorul tronsonului de beton armat centrifugat. La terminarea înșurubării, cheia se scoate.

Asemenea elemente servesc și ca fundații de ancore pentru liniile electrice aeriene pe stîlpi ancorați.

Montarea stîlpilor

Stîlpii se livrează la punctele de lucru (borne), fie asamblați complet, inclusiv consolele, fie din tronsoane, în funcție de starea drumurilor de acces și capacitatea mijloacelor de transport. În ultimul timp, stîlpii se livrează sub formă de panouri, care se asamblează prin buloane la borna stîlpului. Asamblarea stîlpilor la punctele de lucru se execută cu ajutorul automacaralelor.

Ridicarea stîlpilor metalici, avînd greutăți pînă la 10 t și înălțimi pînă la 20 m. se execută cu ajutorul macaralelor pe șenile de 10 t.

Ridicarea stîlpilor metalici care depășesc aceste dimensiuni se execută cu ajutorul săgeții mobile și 1—2—3 tractoare S—100. Sînt în curs de omologare macarale pe șenile de 10—15 t, cu săgeata de 20 m, care vor putea ridica și acești stîlpi.

Stîlpii foarte înalţi, folosiţi la traversările de rîuri mari, se montează în poziţie verticală prin suprapuneri de tronsoane cu ajutorul macaralei glisante sau al braţului de montaj. În figura 2 se arată montarea unui stîlp de 58 m, 45 t, iar în figura 3 — montarea unui stîlp de 70 m, 320 t, folosit la traversarea mării artificiale Kuibîşev.

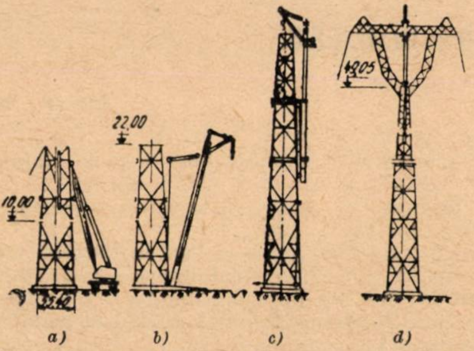


Fig. 2. Schema montării stîlpului $H = 58$ m, 45 t, cu ajutorul macaralei glisante:

a — montarea primelor două tronsoane; *b* — instalarea macaralei glisante; *c* — montarea tronsoanelor 3 şi 4 cu macaraua glisantă; *d* — ultima fază a montajului.

Primele tronsoane se instalează cu ajutorul macaralei pe şenile. Tot cu ajutorul acesteia se montează şi macaraua glisantă cu cap rotitor sau braţul de montaj. Ulterior, macaraua glisantă se ridică automat, cu ajutorul dispozitivului de ridicare cu care este înzestrată.

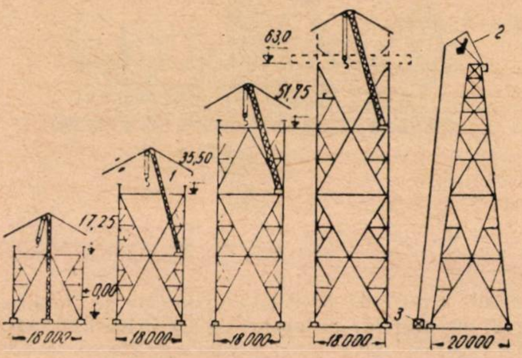


Fig. 3. Montajul stîlpului de susţinere $H = 70$ m; *1* — braţ de montaj; *2* — săgeată oscilantă; *3* — traversă.

La fel se procedează şi în cazul folosirii braţului de montaj. Ridicarea braţului pe tronsonul superior se face cu ajutorul scripeţilor.

Ridicarea stîlpilor de beton armat centrifugat se execută cu ajutorul macaralelor pe şenile.

De asemenea se foloseşte dispozitivul KLEP pe tractor S—100. Acest dispozitiv se compune dintr-un balansier ghidat telescopic. Întregul dispozitiv execută o mişcare de 90°, pînă ajunge în poziţia orizontală, se fixează de stîlp, aduce apoi stîlpul, printr-o mişcare inversă, în poziţie verticală şi, prin glisarea dispozitivului în jos, se introduce stîlpul în groapa de fundaţie. Întreaga maşină este mult mai simplă decît o macara pe şenile şi se deplasează cu viteză mare de la o bornă la alta.

Pentru stîlpii de beton armat centrifugat de dimensiuni mai mici, se utilizează dispozitivul BMA—157 pe autocamion, care execută atît forarea gropii de fundaţie la diametrele de 300—500 mm cît şi montarea stîlpului propriu-zis cu ajutorul cîrligului de 1,8 t.

Desfăşurarea conductoarelor se execută cu ajutorul cărucioruluі mobil, avînd pe el tamburii cu conductoarele fazelor. Montarea lanţurilor de izolatoare se execută cu ajutorul scripeţilor şi tractorului. Montarea armăturilor, precum şi alte lucrări la înălţime se execută folosindu-se platforma telescopică de 20 m, montată pe tractor S—100. În coşul telescopului se află montat un braţ-scară rotitor, care lărgeşte corespunzător raza de acţiune a dispozitivului.

În prezent se studiază schema de mecanizare complexă, înţelegîndu-se prin aceasta mecanizarea tuturor operaţiilor, de la descărcarea materialelor din mijloacele de transport pînă la lucrările ultime.

Se studiază dispozitive de mică mecanizare (prese, cărucioare etc.) pentru toate operaţiile care se mai execută manual. În acest fel va atinge şi coeficientul de mecanizare a muncii (raportul volumului de manoperă mecanizat, în omzile, la volumul total de manoperă) valori apropiate de coeficientul de mecanizare a lucrărilor, de care s-a amintit mai sus.

Aceasta înseamnă că se va micşora foarte mult numărul constructorilor de linii care mai lucrează manual şi va creşte corespunzător numărul muncitorilor care manevrează maşini sau instrumente acţionate mecanic sau electric.

Concluzii

Caracterul specific al lucrărilor de construcţie a liniilor electrice aeriene conduce la alegerea unor mijloace de mecanizare mobile sau uşor deplasabile.

Fundaţiile liniilor electrice aeriene se construiesc numai de tip prefabricat (piloţi, ciupercă, rigle etc.) şi se montează cu mecanisme corespunzătoare.

Sînt în curs de omologare macarale pe şenile de 15 t pentru ridicarea stîlpilor celor mai grei de folosinţă curentă.

Stîlpii cu totul speciali (foarte înalţi) se ridică cu metode speciale.

Pentru ridicarea stîlpilor de beton armat centrifugat s-au creat dispozitive adecvate (KLEP şi BMA—157).

Pentru montarea izolatoarelor şi a armăturilor se foloseşte platforma telescopică de 20 m, avînd în coş un braţ de montaj rotitor.

Bibliografie

[1] **Jimerin, D. G.** *Razvitie energhetiki S.S.S.R.* Gosenergoizdat, 1960.
[2] **Neporojnii, P. S.** *Elektrifikaţiia i energheticeskoe stroitelstvo.* Gosenergoizdat, 1961.
[3] **Novikov, I. T.** *Elektrifikaţiia S.S.S R. Vajneişii faktor sozdania materialno-tehniceskoi bazi komunizma.* Energhetika S.S.S.R., Gosenergoizdat, 1961.
[4] **Groşin, I. I.** şi **Ravin, B. I.**, *Razvitie stroitelstva Vîsokovolnih linii electroperedaci.* Energhetika S.S.S.R., Gosenergoizdat, 1961.
[5] **Bogorad, L. Ia.** *Vintovîie svai i ankerî v kacestve fundamentov pod oporî linii elektroperedaci* Enrgeheticeskoe stroitelstvo nr. 25 Gosenergoizdat, 1961.

DOCUMENTARE

Energetică generală

* * * **Cea mai mare instalaţie solară din Statele Unite.** Engineering **195** (1963), nr. 5052, p. 270

Se dau caracteristicile celei mai mari instalaţii utilizînd energia solară, realizată în S.U.A. În scopul cercetării proprietăţilor diferitelor materiale şi rezistenţei lor la iradiere în cazul reacţiilor nucleare. Temperatura care poate fi atinsă în instalaţie este de 3 000°C. Suprafaţa heliostatului este de 12,2 × 10,8 m şi este compusă din 355 oglinzi plane. Distanţa dintre heliostat şi oglinda paraboloidală este de circa 29 m. Oglinda paraboloidală este compusă din 180 oglinzi sferice. Această oglindă creează în planul de focalizare o pată de lumină concentrată, cu un diametru de numai 100 mm. Între heliostat şi oglinda paraboloidală este dispus un sistem compus din 17 jaluzele laterale, cu ajutorul cărora fluxul de raze solare este reglat automat.

d.bf.

Lorant, M. **Pilă de combustie utilizînd drept combustibil gazul natural.** Petrol Times **67** (1963), nr. 1710, p. 97.

Se descrie o pilă de combustie de temperatură înaltă, avînd un element de zirconiu, solid executată. Pila de combustie funcţionează la 1 100°C, combustibil fiind gazul natural, iar ca oxidant O_2. Electrodul negativ este format din cărbune, iar cel pozitiv din argint. La încercările de laborator cu pilele de combustie de acest tip, s-a atins o densitate a curentului de 150 miliamperi pe cm², la o tensune de 0,7 V. La densităţi ale curentului mai reduse, pila de combustie a funcţionat timp de 3 000 ore fără să prezinte o înrăutăţire a caracteristicilor. Randamentul unei baterii de pile de combustie de acest tip a atins 30%.

d.bf.

* * * **Evoluţia generatoarelor magnetohidrodinamice.** Electrical Review **173** (1963), nr. 1, p. 33.

Prin utilizarea unui ciclu combinat turbină cu abur-generator magnetohidrodinamic se poate reduce costul de producere a energiei electrice cu 12%. Investiţiile şi costurile de producere pentru acest generator sînt arătate în tabela următoare :

Investiţii şi costuri specifice	Ciclu cu abur	Ciclu combinat turbină cu abur-generator magnetohidrodinamic		
Investiţii, £/kW	40	30	40	50
Costul combustibilului, pence/kWh termică	0,15	0,15		
Costul energiei electrice, pence/kWh termică	0,51	0,43	0,45	0,49
Randamentul termic	0,45	0,55		

În prezent se proiectează un generator de acest tip, demonstrativ, de 25 MWe, a cărui construcţie şi livrare sînt prevăzute pînă în 1967. La sfîrşitul anului 1967 va fi proiectat, în S.U.A., un generator de acest tip, de 250 MWe prototip, iar prima centrală de 2 000 MWe (iniţial 1 000 MWe) va fi proiectată spre 1970 şi va fi dată în exploatare în decenalul 1970—1980.

a.r.

Electroenergetică

Sahanov, V. S., Koselev, M. N. şi Gonciarenko, A. S. **Prima experienţă de planificare operativă a repartiţiei economice a sarcinilor în sistemul energetic interconectat, cu ajutorul calculatorului electronic cifric.** Elektriceskie stanţii nr. 12, 1963, p. 34—38.

Se analizează experienţele unui colectiv de cercetători ai Institutului de maşini electronice de comandă (INEUM), care au efectuat repartiţia economică a sarcinilor, pentru ziua următoare, în cadrul sistemului energetic interconectat din sud, folosind calculatorul M — 2. Sistemul a fost redus la 68 noduri, cuprinzînd 24 de noduri cu RAT, 12 CTE, 4 UHE. Consumatorii au fost consideraţi prin sarcini neconforme.

Caracteristicile calculatorului sînt : memoria internă — 4,96 adrese, memoria externă — 30 000 adrese, viteza de calcul — 1500 op./s.

Zilnic, prin telefon, dispecerul transmitea la centrul de calcul informaţiile necesare privind prognoza graficului de sarcină pe sistem, compoziţia agregatelor, configuraţia reţelei, consumul maxim de apă admis la UHE, circulaţiile limită de putere pe anumite linii etc. După transmiterea acestor informaţii (circa 25 minute), urma codificarea lor (circa 20 minute).

Calculul pe cale iterativă a repartiţiei economice (metoda coeficienţilor Lagrange) se executa în circa 30 minute. Pierderile se calculau exact pentru maximum 4—5 paliere caracteristice ale curbei de sarcină, fiecare regim electric necesitînd aproximativ 20 minute.

Considerarea limitărilor impuse (la UHE sau pe linii) necesita un timp suplimentar de circa 15 minute. La ora 12,30 dispecerul transmitea informaţii suplimentare privind aprobările de repartiţii. Aceste informaţii erau introduse direct manual în calculator, după care urma un ciclu suplimentar de calcule de circa 20 minute. Rezultatele definitive se transmiteau la dispecer în următoarele 30 minute, aproximativ la ora 13,30.

Rezultatele transmise dispecerului cuprindeau : graficele de încărcare pe sisteme raionale, centrale şi liniile mai importante de interconexiune, consumul specific de combustibil pe centrale şi sistem şi consumul total de combustibil şi apă pe centrale şi sistem etc.

Experienţele efectuate au demonstrat posibilitatea folosirii sistematice a calculatoarelor de tipul mediu (M — 2, Ural — 2, Razdan — 2, Minsk — 2), corectitudinea algoritmelor şi programelor, evidenţiind totodată unele limitări ce apar în exploatare (ca, de exemplu, modul de planificare a producţiei pe centrale), precum şi direcţiile de înbunătăţire ulterioară a metodicii.

a.p.

McWhirter, J. H. şi Foster, N. C. **Transformatoare de putere turnate în răşini sintetice.** Westinghouse Eng. **23** (1963), nr. 1 p. 13—15.

În prezent sînt în faza încercării de laborator transformatoarele avînd izolaţia uscată realizată cu răşini-epoxidice permiţînd o funcţionare a înfăşurărilor la o temperatură de 105°C. Răcirea este efectuată de un lichid inert (fluorocarbon), care menţinut în contact cu suprafaţa sursei de căldură se transformă în vapori, care trec într-un condensator. Au fost realizate două transformatoare prototip, dintre care cel mai mare are 500 kVA—15 kV şi dimensiuni foarte reduse. Aceste transformatoare par a avea drept cîmp de aplicaţii instalaţiile electrice miniere, instalaţiile din clădiri şi instalaţiile de pe vapoare, deci în toate cazurile în care uleiul nu este de dorit şi spaţiul trebuie redus la minim.

a.r.

Schrinner, W. **Consideraţii asupra tehnicii folosirii barelor izolate în staţii de înaltă tensiune interioare (seria 110 kV).** Energietechnik **13** (1963), nr. 9, p. 415–419.

Se pot realiza următoarele variante de staţii de 110 kV cu bare izolate: 1) folosind ca bare colectoare cabluri de foarte înaltă tensiune cu ulei; 2) bare capsulate în aluminiu cu izolaţie din hîrtie impregnată cu ulei; 3) bare în ţevi cu izolaţie de gaz sub presiune; 4) bare cu izolaţie de carton epoxidic; 5) bare cu izolaţie din răşini sintetice.

Folosind bare izolate pentru staţii interioare de 110 kV cu întreruptoare D3AF 6–5 000 MVA şi separatoare tip foarfece, se poate reduce volumul unei celule cu 50% – de la 1 200 m³ la circa 600 m³. Autorul indică trei tipuri constructive de staţii: prima de tip înalt, a doua de tip jos şi a treia în construcţie pe două etaje, care pot fi luate în consideraţie pentru reducerea la minim a spaţiului utilizat; problema barelor izolate la foarte înaltă tensiune este azi încă în fază de încercări.

a.r.

Termoenergetică

Schäfer, H. **Centrala pe gaze „Robert Frank"**, Elektrizitätswirtschaft **62** (1963), nr. 3, p. 69–77.

Utilizarea gazelor naturale în noile centrale capătă o importanţă din ce în ce mai mare. Se reduc prin aceasta atît cheltuielile de investiţii, cît şi cele de exploatare şi în acelaşi timp creşte disponibilitatea unităţilor şi se uşurează exploatarea. În R.F.G. s-a construit prima mare centrală termoelectrică pe gaze naturale, lîngă Nienburg, pe fluviul Weser, cu o putere iniţială de 2×150 MW. Centrala poate consuma gaze sau păcură pentru întreaga putere. Gazele se aduc de la cîmpurile de gaze pe o conductă de 50 km lungime, cu un diametru de 350 mm. Zăcămintele se găsesc la 2 000–3 000 m adîncime, avînd o presiune în strat de 400–600 at. Gazul soseşte la centrală cu 40 at şi se reduce la 0,7 at înaintea arzătoarelor. Puterea calorică este de 6 600–7 400 kcal/Nm³. Gazul conţine 70 – 80% metan, puţine hidrocarburi superioare, bioxid de carbon, azot şi hidrogen sulfurat. Conţinutul de sulf este sub 0,2% din volum. Preţul convenit pentru combustibil se referă la conţinutul de căldură, şi de aceea, în staţia de reducere a gazului, se măsoară şi se înregistrează automat, pe lîngă debitul de gaze, şi puterea lor calorică.

Concepţia schemei termice este bloc. Se prevede o legătură transversală pentru egalizarea rezervei de apă a rezervoarelor de alimentare şi o bară de abur la presiunea de 12 at, pentru alimentarea unor consumatori de căldură.

Caracteristicile echipamentului principal sînt următoarele: debitul maxim al cazanului 460 t/h, parametrii 188 at, 540°C, cu supraîncălzire intermediară la 540°C. Turbinele de cîte 150 MW au parametrii 181 at, 535°C. Turbinele au cîte opt prize nereglabile pentru preîncălzirea regenerativă a apei de alimentare.

Măsuri deosebite au fost prevăzute pentru asigurarea instalaţiilor contra oricăror primejdii datorite funcţionării pe gaze. Automatizările, blocajele, comanda succesiunii operaţiilor au implicat folosirea a 2 800 relee pentru fiecare cazan.

a.m.

Frankenberg, T. T. **Impurificarea aerului de la centrale şi limitarea ei.** Combustion **34** (1963), nr. 8, p. 28–31.

Din punctul de vedere al impurificării atmosferei cu produsele de ardere, centralele noi de puteri foarte mari şi consumînd combustibili inferiori pun probleme noi, faţă de situaţia mai veche. Astfel, înaintea apariţiei centralelor de puteri foarte mari, problemele legate de evacuarea gazelor de ardere erau: eliminarea fumului, adică a hidrocarburilor nearse; reducerea depunerilor de cenuşă zburătoare; proiectarea coşului pentru a asigura o difuzare sigură a bioxidului de sulf în atmosferă. În aceste domenii nu au apărut în ultima vreme tendinţe contrare, însă s-au ivit două probleme noi:

– s-au căutat căi pentru eliminarea sulfului din cărbune sau a oxizilor de sulf, rezultaţi din ardere, din gazele de ardere;

– s-a constatat că oxizii de azot contribuie la poluarea aerului, mai ales în situaţii geografice şi meteorologice speciale.

Eliminarea sulfului din cărbune înaintea arderii este o problemă tehnică dificilă. O soluţie economică nu a fost încă găsită. Tot din motive economice nu se aplică separarea oxizilor de sulf din gazele de ardere. Oxizii de azot produc dificultăţi în zone unde există hidrocarburi în atmosferă, provenite din alte surse, astfel încît atît problemele în legătură cu compuşii sulfului, cît şi cu compuşii azotului se rezolvă prin alegerea unui coş de dimensiuni corespunzătoare. Dificultăţile se accentuează la centralele cu puteri mai mari de 1 000 MW. La alegerea înălţimii coşului de fum se ţine seama de: combustibilii prevăzuţi a fi arşi; terenul din jurul centralei şi utilizarea lui; densitatea populaţiei; caracteristicile meteorologice generale şi particulare; factorii aeronautici; viteza şi temperatura gazelor la ieşirea din coş; studiile de difuzare a gazelor pentru cantităţile considerate.

Din toate aceste considerente, pentru un caz concret, s-a construit un coş de circa 210 m înălţime. S-au făcut verificări prin analizoare de SO_2 şi staţii de depunere a prafului; ele au arătat că rezultatele reale sînt sensibil mai bune decît prevederile din proiecte. O problemă specială de care s-au lovit cei care au exploatat astfel de coşuri foarte înalte au constituit-o coroziunile betonului. Se pare că acestea se datoresc suprapresiunii din coşuri şi vitezelor mărite ale gazelor cu care se funcţionează. Ele se evită prin căptuşeli de cărămidă sau chiar din tablă de oţel.

a.m.

Doležal, R. **Căi pentru o creştere rapidă a puterii la blocuri cu supraîncălzire intermediară.** Mitteilungen der VGB, 1963, nr. 82, p. 21–36.

Blocurile mari din centralele termoelectrice cu condensaţie cer un reglaj deosebit de elastic. Totodată este important ca parametrii aburului să varieze numai puţin. În afară de înrăutăţirea randamentului, orice deviaţie bruscă a temperaturii aburului viu de la valoarea nominală antrenează tensiuni termice în turbine, în timp ce deviaţia presiunii are efect asupra debitului de abur viu care intră în turbină, din cauza capacităţii de înghiţire limitate. La instalaţii cu supraîncălzire intermediară, puterea blocului este suma puterilor corpurilor de turbină, dinainte şi după supraîncălzitorul intermediar. Presiunea din supraîncălzitorul intermediar este dependentă de sarcină, aşa că la creşterea sarcinii supraîncălzitorul trebuie să se încarce întîi cu abur. Prin aceasta apare o întîrziere în capacitatea de creştere, ceea ce se combate prin diferite metode: supraîncărcarea părţii de înaltă presiune a turbinei, prin depăşirea momentană a limitei de reglaj; închiderea temporară a prizelor de preîncălzire regenerativă; injectarea de apă de alimentare în aburul dinaintea supraîncălzitorului intermediar. Examinînd timpul de răspuns al încărcării turbinei, s-a constatat că cea mai rapidă creştere a puterii se obţine prin ultima metodă. Ea se realizează şi fără o scădere apreciabilă a randamentului termic al instalaţiei.

a. m.

* * * **Bloc de 1 000 MW pentru centrala Ravenswood – New York.** Power **107** (1963), nr. 6, p. 53–56.

În 1965 urmează să se pună în funcţiune un grup de 1 000 MW. Investiţia specifică va fi cu circa 24% mai scăzută decît cea corespunzătoare unui bloc de 400 MW. Turbina este de tipul cu două axe şi va funcţiona cu abur de 169 at supraîncălzit la 538/538°C. Partea de înaltă şi medie presiune antrenează un generator de 3 600 rot/min şi partea de joasă presiune – un generator de 1 800 rot/min. Cazanul grupului este de 2 950 t/h şi produce abur de 193 at şi 538°C. Drept combustibil se folosesc păcura şi gazele naturale. Cazanul va putea fi trecut şi pe combustibil solid cu puterea calorifică de 7 520 kcal/kg. Cazanul este prevăzut cu două focare funcţionînd sub presiune, focarele putînd lucra şi independent.

g.s.

* * * **Coş de fum înalt pentru centrală termoelectrică.** Power-Engineering **67** (1963), nr. 7, p. 51.

Pentru cazanul pe combustibil solid al unui grup de 900 MW, s-a construit un coş de fum de 267 m înălţime, avînd la vîrf diametrul interior de 9,2 m. La intrarea în coş, gazele au o temperatură de 138—160°C. La ieşirea din coş, gazele au viteza de 21,6 m/s. Coşul este construit din fierbeton. Circa 30—50% din materialul de construcţie îl constituie antrenatele unei termocentrale. Pe partea interioară, coşul este căptuşit cu un strat izolator de fibră de sticlă de 50 mm grosime.

g.s.

Erythropel, H. **Situaţia actuală a valorificării cenuşii şi zgurei.** Mitteilungen der V.G.B. **86**, oct. 1963, p. 310—316.

Antrenatele şi zgura se folosesc pentru fabricarea elementelor prefabricate de construcţii, fie sub formă de beton poros (tratat cu abur), fie sub formă de amestec antrenate—zgură granulată, presată în calupuri. Din betonul poros se realizează elemente prefabricate de casă (avînd montate uşi-ferestre şi instalaţia electrică), ce se asamblează la faţa locului. Există şi alte procedee de valorificare superioară, şi anume sinterizarea zgurei, care este astfel folosită în industria materialelor de construcţii. În R.S.F. Iugoslavă se foloseşte zgura lignitului — foarte asemănătoare din punctul de vedere al compoziţiei chimice cu cea a lignitului nostru, pentru realizarea unor cărămizi speciale cu o rezistenţă la presiune de 150—250 kgf/cm² şi o greutate specifică de 1,25—1,50 kg/dm³.

g.s.

Essenhigh, H. R. **Influenţa calităţii cărbunelui asupra timpului de ardere a particulelor izolate.** Trans. ASME Series A., nr. 3, iul. 1963, p. 183—190.

Lucrările efectuate într-o instalaţie experimentală cu particule de cărbune de la 300 microni la 4 mm au arătat că timpul necesar arderii este aproximativ egal cu pătratul dimensiunilor particulelor şi nu este practic influenţat de provenienţa cărbunelui.

g.s.

Energetică nucleară

Vukalovici, M. P., Altunin, V. V. şi Timoşenko, N. I. **Proprietăţile termodinamice ale bioxidului de carbon la temperaturi cuprinse între 0 şi 1000°C şi presiune pînă la 100 at.** Atomnaia energhiia, Tom 15, nr. 3, sept. 1963, p. 210—214.

Bioxidul de carbon a început să fie larg utilizat în energetica nucleară şi perspectivele sale sînt şi mai mari pentru viitor în centralele nucleare cu turbine cu gaze. De aceea studiul amănunţit al proprietăţilor sale termodinamice este foarte justificat. În articol sînt sistematizate şi centralizate datele autorilor şi ale altor cercetători asupra entalpiei şi entropiei în domeniile menţionate, a densităţii, căldurii specifice etc. Autorii s-au axat pe determinarea coeficienţilor viriali ce intră în ecuaţia de stare a gazului real. Articolul este foarte util celor ce se interesează de energetica nucleară.

al. şt.

* * * **Ispra. Nuclear Engineering**, vol. 8, nr. 85, iunie 1963, p. 199—205.

Sub acest titlu a apărut un articol în revista menţionată, care se ocupă cu descrierea generală a acestui centru de cercetări nucleare din Italia. Articolul nu se rezumă numai la o expunere a instalaţiilor de care dispune acest centru al Euratomului, ci şi de problemele pe care le studiază sau le are în perspectivă. În acest sens, autorul insistă asupra proiectului Orgel pentru studiul reactoarelor cu moderatori organici. De asemenea se analizează şi organizarea tehnico-administrativă a centrului.

al.şt.

Harris, N. M. **O vedere de ansamblu asupra reactoarelor de putere moderate cu apă dezvoltate de S.U.A.** Nuclear Energy, iulie 1963, p. 196—203.

Programul S.U.A. în energetica nucleară s-a axat pe reactoarele moderate şi răcite cu apă obişnuită sub presiune sau în fierbere.

Autorul se ocupă de o caracterizare generală a acestor reactoare. În continuare face o descriere sumară a celor mai importante centrale nucleare americane, ca Shippingport, Yankee, Indian Point, Vallecitos, Dresden, Big Rock Point, Humboldt Bay, Bodega Bay şi altele. Cu această ocazie discută şi unele avantaje ale lor. Articolul dă o vedere de ansamblu asupra realizărilor S.U.A. în acest domeniu.

al. şt.

* * * **Cît se va putea mări puterea centralelor electrice?** Nucleonics, iunie 1963, p. 60—63.

Necesitatea micşorării investiţiilor specifice şi a preţului de cost în centralele electrice a condus la tendinţa măririi continue a puterii unitare a acestora. La centralele nuclearoelectrice, scăderea investiţiilor specifice cu creşterea puterii este mai pronunţată decît la centralele clasice, deoarece CNE cuprinde elemente mai costisitoare, al căror cost nu creşte proporţional cu creşterea puterii. Acestea sînt elementele specifice ale CNE care le fac să fie mai scumpe decît centralele clasice (sistemul de comandă şi măsură, vasul de protecţie, sistemele de depozitare a deşeurilor radioactive şi de manevrare a combustibilului, protecţie etc.).

Ca o consecinţă, o dată cu creşterea puterii centralelor electrice, diferenţa între investiţiile specifice ale centralelor clasice şi cele nucleare scade rapid. Astfel, pentru cele mai mari unităţi realizate în prezent, de 500 MW-e, diferenţa este de circa 50 $/kW, iar pentru unităţi de 1 000 MW prevăzute după 1970, diferenţa va scădea la 20 $/kW. Acestei tendinţe de mărire a puterii unitare a centralelor electrice i se opun trei factori principali : capacitatea sistemului energetic, amplasamentul centralei, posibilităţi de realizare tehnică şi specialişti în construcţia marilor unităţi.

Capacitatea sistemului energetic. Pînă în ultimul timp, o metodă empirică limita puterea celei mai mari unităţi la 7—10% din capacitatea totală a sistemului energetic. Prin interconectarea sistemelor energetice, această limită a putut fi depăşită. Astfel s-a apreciat în medie o putere unitară de 600 MW pentru 1970 şi de 1800 MW pentru 1980.

Deci capacitatea sistemului nu va constitui un obstacol în creşterea puterii unitare atît la centralele clasice cît şi la cele nucleare.

Amplasamentul centralei. Problema găsirii unui amplasament corespunzător atît pentru centralele clasice cît şi pentru cele nucleare se complică o dată cu creşterea puterii unitare. Pentru centralele clasice, amplasamentul lîngă oraşe pune problema zgomotului şi a infectării aerului. În plus este greu de găsit un amplasament suficient de mare pentru centralele cu cărbune, care necesită spaţiu pentru depozitarea rezervei obişnuite de cărbune (pe 90 de zile).

Amplasarea la gura minei apare a fi interesantă şi economică şi se crede că centralele clasice la gura minei vor fi concurentele principale ale CNE mari. Totuşi, aceste amplasamente se vor epuiza mai repede decît amplasamentele pentru CNE, care nu sînt legate de bazinele carbonifere.

Creşterea puterii unitare a centralelor clasice va fi limitată de insuficienţa apei de răcire (chiar în cazul folosirii circuitului închis de răcire) şi de infectarea aerului atmosferic. S-a ajuns la concluzia că problema infectării aerului va limita puterea centralelor cu cărbune, ce se pot instala pe un anumit amplasament, la 5 000 MW.

Deci la întrebarea „cît se va putea mări puterea centralelor electrice”, s-ar putea considera că puterea centralelor clasice va fi limitată de problemele de apă şi infectare a aerului şi că toate unităţile care depăşesc această limită vor fi nucleare.

Se pare că puterea centralelor nucleare nu va fi limitată de amplasament, deoarece nu pune problema infectării aerului şi nici problema apei de răcire, putînd fi amplasate în ultima instanţă de-a lungul coastei mărilor sau marilor lacuri.

Posibilităţi de realizare tehnică. Se poate considera că factorul final care ar putea să limiteze puterea centralelor electrice îl constituie posibilităţile de realizare tehnică. Pentru CNE, aceste posibilităţi de realizare tehnică se referă la miezul reactorului şi la turbina de abur. Ţinînd seamă de evoluţia în timp a turbinelor, se poate crede că puterea turbogeneratoarelor nu a ajuns la o limită ce nu poate fi depăşită. În ceea ce priveşte însă miezul reactorului, o putere prea ridicată este greu de atins. Această limită este impusă de posibilităţile de control, de capacitatea de încărcare şi eventual de problema securităţii. Deşi amplasarea CNE New York, de 1 000 MW-e, în centrul oraşului a demonstrat că încă nu se pune problema siguranţei, s-ar putea ca această perfecţionare continuă, necesară o dată cu creşterea puterii, să fie imposibil de menţinut. Pentru aceasta se vor construi probabil mai multe CNE, decît una singură de putere foarte mare. Se mai întrevede pentru viitor împărţirea miezului în mai mulţi „moduli", fiecare modul putînd să fie pus sau scos din funcţiune separat. Acest sistem ar prezenta multe avantaje economice.

a.f.

Searl, M. F. şi Jordyl, G. J. **Energia nucleară şi caracteristicile sistemelor energetice.** Combustion, aug, 1963, p. 35—40.

Ţinînd seamă de faptul că centralele nucleare vor lucra interconectate în sisteme energetice, este necesar să se cunoască în ce măsură puterea nucleară este mai indicată pentru unele sisteme energetice decît pentru altele. Printre factorii care determină ponderea relativă a centralelor nucleare în sistem se consideră: mărimea şi specificul sistemului energetic, costul combustibilului şi (în ţările capitaliste) proprietatea sistemului energetic, care impune cota sarcinilor fixe de capital.

Centralele nuclearoelectrice sînt competitive cu centralele termoelectrice clasice, cu cît au preţuri unitare mai mari. În general mărimea unităţiilor ce pot fi folosite într-un sistem energetic este limitată de nivelul tehnologic atins în construcţia turbogeneratoarelor şi de considerentele privind siguranţa sistemului. Pentru CNE, puterea unitară a grupurilor nu constituie o limitare a mărimii centralei, deoarece încă din 1958 se instalează grupuri de 275 MW, iar pentru 1964 se prevede instalarea de grupuri de 900 şi 1 000 MW.

Considerentele privind siguranţa sistemului cer ca sistemul energetic să fie capabil să acopere vîrful de sarcină şi în cazul avariei cele mai mari unităţi.

Pînă în prezent, în sistemele energetice nu s-au instalat, decît în foarte rare cazuri, unităţi cu o putere mai mare decît 10% din puterea sistemului. Presupunînd că puterea oricărei unităţi nucleare este limitată la 10% din puterea sistemului, CNE de 300 MW se va putea construi numai pe sisteme de 3 000 MW sau mai mari.

O altă caracteristică a sistemului energetic care influenţează asupra cotei de putere nucelară ce se poate instala o reprezintă ponderea de putere a centralelor hidroelectrice (care au un preţ scăzut al energiei electrice şi pot funcţiona ca centrale de bază).

Costul combustibilului clasic dintr-o anumită regiune, constituind unul din elementele principale ale costului kWh de origine clasică, este unul din factorii principali care determină economicitatea instalării de centrale nucleare.

În etapa actuală şi în perspectiva apropiată, investiţiile specifice în CNE sînt mai ridicate decît în centralele clasice şi ţinînd seamă şi de sarcinile de capital, se ajunge la o mărire considerabilă a părţilor fixe a costului kWh nucleare faţă de kWh clasică. În sistemul economic capitalist, la valoarea totală a investiţiei trebuie să se ţină seamă şi de o serie de costuri financiare, ca : taxe de venit, amortizări, impozite etc. Aceste costuri nu sînt fixe, dar în majoritatea cazurilor sînt considerate ca un procentaj fix la investiţia centralei. Sarcinile de capital în S.U.A. depind de proprietarul capitalului şi variază între 5 şi 7% pentru capitalul de stat sau cooperatist şi 13—15% pentru capitalul particular.

c.w.

* * **Un nou principiu de vas de protecţie pentru CNE.** Energy International, oct.1963, p. 21—23.

Pentru mărirea siguranţei centralelor nuclearoelectrice, partea nucleară a centralei, în general, se introduce într-un vas de protecţie, din oţel sau beton. La centralele nucleare existente, echipate cu reactoare cu apă, vasele de protecţie sînt sferice, cu diametrul 50—60 m. Aceste sfere sînt etanşe şi sînt calculate pe baza principiului rezistenţei la presiune.

În construcţia noilor centrale s-a adoptat un nou tip de vas de protecţie, bazat pe principiul reducerii presiunii din vas prin sifonare şi condensare într-un vas de expansiune. Acest nou sistem elimină sfera ancombrantă şi costisitoare utilizată pînă acum. Sistemul de reducere a presiunii în vasul de protecţie prevede un bazin cu apă care înconjură vasul de presiune al reactorului. În cazul, puţin probabil, al ruperii circuitului primar, amestecul apă-abur care scapă este evacuat în acest bazin cu apă, unde se condensează. Vasul de presiune al reactorului împreună cu sistemul de reducere a presiunii sînt închise într-un vas de protecţie de beton cu pereţi dubli.

Pe baza acestui principiu de reducere a presiunii s-a construit şi este în funcţiune, de la 1 august 1963, CNE Humboldt Bay (S.U.A.) de 50/70 MW-e şi este prevăzut să se construiască o CNE de 325 MW-e lîngă San Francisco.

La CNE Humboldt Bay, vasul de presiune al reactorului, cu un diametru de 8 m, este înconjurat de un vas de protecţie din beton cu diametrul de 18 m. Acest vas este prevăzut cu pereţi dubli cu grosime de 1,2 m. Spaţiul dintre vasul de presiune şi cel de protecţie este împărţit în trei compartimente prin pereţi radiali din beton. Două dintre aceste compartimente formează camera de reducere a presiunii. Această cameră este parţial umplută cu apă şi este legată cu vasul de presiune al reactorului printr-un colector de evacuare şi 48 conducte de evacuare, care se termină cu 1,8 m sub nivelul apei din camera de reducere a presiunii. Prin acest sistem, cea mai mare presiune de probă obţinută în camera de reducere a presiunii a fost de 0,7 atm, comparativ cu o presiune internă posibilă de 1,9 atm care s-ar obţine la vasele de protecţie rezistente la presiune.

Se estimează că reducerile de investiţii obţinute la CNE Humboldt Bay prin utilizarea principiului de reducere a presiunii în locul închiderii în vas de protecţie obişnuit se ridică la valoarea de 650 000$.

a.f.

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia : Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia: „IPROMIN" Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament : „IPROMIN" — Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „INFORMAŢIA", Bucureşti — c. 310.

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

41 401

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.163: 621.311.153

Корнеичев, А. И.: **Использование дополнительной мощности ТЭЦ для покрытия пика электрической нагрузки.**

Energetica 12 (1964), № 3, стр. 97–99.

ДК 662.68/69: 621.311.22.003

Dinulescu, D.: **Новые типы горелок для рационального сжигания природных газоб и мазута з топках паровых котлов.**

Energetica 12 (1964), № стр. 100–103.

ДК 621.926 : 621.311.22.004.1

Ciuciuc, A.: **Результаты помола лигнитов на вентиляторной мельнице, сконструированной ТЭС-Дойчешть**

В статье освещаются полученные до настоящего времени результаты по приготовлению угольной пыли с помощью вентиляторной мельницы, сконструированной на ТЭЦ-Дойчешть.

Energetica 12 (1964), № 3, стр. 103–107

ДК 621.316: 621.72

Semlyen, A.: **Модель сети переменного тока по проекту Тимишоарского электро технического факультета**

Описывается конструкция статической модели сети, мощностью на 20 электростанций, 100 продольных элементов и 60 потребителей. Параметры сети устанавливаются посредством регулировки под вольтамперметровым контролем. Питание модели осуществляется при 50 гц, при номинальном напряжении 100 в и номинальном токе 100 ма.

Energetica 12 (1964), № 3, стр. 108–116

ДК 621.311.22.00.001.7

Filitti, D.: **Новые методы монтажа электростанции**

Излагаются новые технологические методы, испытанные на строительстве ТЭЦ-Лудуш, а именно: при монтаже конденсатора турбины, при подъеме мостового крана на 50/8ст, при установке статора генератора на 100 Мвт при монтаже турбины на 100 Мвт.

Energetica 12 (1964), № 3, стр. 117–121

ДК 621.316.262. 001.1

Negreanu, C.: **Норматив и номограммы для механического расчета гибких проводников на внешних трансформаторных станциях**

В статье рассматривается упрощение механического расчета гибких проводников на трансформаторных станциях посредством использования номограмм, согласно разработанному ИСПЕ нормативу.

Energetica 12 (1964), № 3, стр. 121–130

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ДК 621.18.004.5

Krauss, H.: **Кислотная мойка больших котлов.**

Energetica 12 (1964), № 3, стр. 131–134

РАЗДЕЛ МОЛОДОГО ИНЖИНЕРА

ДК 621.317.333 : 621.314/315

Adămuţ, I. и *Petcu, M.:* **Заражение изоляции**

Излагаются соображения относительно воздействия отложений на изоляцию линий и станций на снижение степени изоляцию этих установок. В основу работы положен опыт разных стран, а также исходные полученные в Румынии результаты.

Energetica *12* (1964) № 3, стр. 135–138

ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ДК 621.315.002.2

Măcriş, A.: **Механизация строительства воздушных линий электропередачи в СССР.**

Energetica 12 (1964), № 3, стр. 139–140

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.163 : 621.311.153

Korneicev, A. I.: **Verwendung zusätzlicher Leistung von Heizkraftwerken für Deckung elektrischer Lastspitzen**

Energeţica 12 (1964), H. 3, S. 97–99.

DK 662.68/69: 621.311.22.003

Dinulescu, C.: **Neue wirtschaftliche Brennerbautypen für Verbrennung von Erdgas und Schweröl in Dampfkesseln**

Energetica 12 (1964), H. 3, S. 100–103.

DK 621.926 : 621.311.22.004.1

Ciuciuc, A.: **Betriebsergebnisse einer Braunkohlenmühle mit Ventilator**

Es werden Betriebsergebnisse einer im Dampfkraftwerk Doiceşti gebauten Mühle mit Ventilator, für Braunkohlenstaubaufbereitung dargestellt.

Energetica, 12 (1964), H. 3, S. 103–107

DK 621.316: 621.72

Semlyen, A.: **Drehstromnetzmodell der Elektrotechnischen Fakultät Timişoara**

Die Anlage eines statischen Netzmodells für Darstellung von 20 Kraftwerken, 100 Längeneinheiten, und 60 Empfänger wird beschrieben. Die Netzparameter werden unter Spannungs- und Stromkontrolle durch Regelung eingestellt. Das Modell wird bei 50 Hz mit Nennspannung von 100 V und Nennstrom von 100 mA gespeist.

Energetica, 12 (1964), H. 3, S. 108–116

DK 621.311.22.00.001.7

Filitti, D.: **Neue Montageverfahren für Einrichtung von Kraftwerken**

Es werde über, im Dampfkraftwerk Luduş bei Montage von Turbinenkondensatoren, Laufkran für 50/8 t, 100 MW — Generatorständer, 100 MW-Turbinen angewendete Montageverfahren berichtet.

Emergetica, 12 (1964), GH. 3, S. 117–121

DK 621.316.262.001.1

Negreanu, C.: **Berechnungsvorschrift und-nommogramme für flexible Leiter in Freiluftschaltanlagen**

Der Verfasser untersucht die Vereinfachungsmöglichkeiten der Festigkeitsberechnung flexibler Leiter für Freiluftschaltanlagen und beschreibt, auf Grund der, im Institut für Projektierung energiewirtschaftlicher Anlagen ausgearbeiteten Vorschriften, Nommogramme und überschlägliche Berechnungsverfahren.

Energetica, 12 (1964), H. 3, S. 121–130

AUS DEN WERKEN

DK 621.18.004.5

Krauss, H.: **Auswaschen von Grosskesseln mit Säure**

Energetica, 12 (1964), H. 3, S. 131–134

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621.317.333 : 621.314/315

Adămuţ, T. und *Petcu, M.:* **Herabsetzung der Isolierwirkung durch äusere Einflüsse**

Die Verfasser untersuchen die Wirkung von Ablagerungen auf der Isolierung von Leitungen und Schaltanlagen, in Bezug auf Herabsetzung des Isolierungsgrades. Es werden Betriebsergebnisse aus verschiedenen Ländern sowie in Rumänien gemachte Messungen in Betracht gezogen.

Energetica, 12 (1964), H. 3, S. 135–138

ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

DK 621.315. 002.2

Măcriş, A: **Maschinelle Ausführung von Hochspannungsfreileitungen in der UdSSR**

Energetica, 12 (1964), H. 3, S. 139–140

DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.311.163: 621.311.153

Korneicev, A. I.: **La puissance supplémentaire d'une centrale thermique utilisée pour couvrir la pointe de charge**

Energetica 12 (1964) no. 3, p. 97–99.

CD 662.68/69: 621.311.22.003.

Dinulescu, C.: **Nouveaux types de brûleurs pour une combustion économique des gaz naturels et du mazout dans les chaudières à vapeur**

Energetica 12 (1964), no. 3, p. 100–103.

CD 621.926 :621.311.22.004.1

Ciuciuc, A.: **Résultats obtenus dans le broyage des lignites avec le moulin ventilateur construit à la centrale thermique Doicești**

L'article présente les résultats obtenus jusqu'à présent dans la préparation du charbon pulvérisé au moyen du moulin ventilateur construit à la centrale électrique Doicești.

Energetica, 12 (1964), no. 3, p. 103–107

CD 621.316 ·621.72

Semlyen, A.: **Modèle de réseau à courant alternatif de la Faculté d'Electrotechnique de Timișoara**

L'auteur décrit un modèle de réseau statique ayant une capacité de 20 centrales, 100 éléments longitudinaux et 60 consommateurs. Les paramètres du réseau sont établis par règlage sous contrôle voltampèrmétrique. Le réseau est alimenté à 50 Hz, la tension nominale est de 100 V et le courant nominal de 100 mA.

Energetica, 12 (1964), no. 3, p. 108–116

CD 621.311.22.00.001.7

Filitti, D.: **Nouvelles méthodes dans le montage des centrales électriques**

L'auteur expose les nouvelles méthodes technologiques, expérimentées à la centrale thermique Luduș, appliquées dans le montage du condensateur de la turbine, le montage du pont roulant de 50/8 tf, le montage du stateur du générateur de 100 MW et le montage de la turbine de 100 MW.

Energetica, 12 (1964), no. 3, p. 117–121

CD 621.316.262.001.1

Negreanu, C: **Normatif et nomogrammes pour le calcul mécanique des conducteurs flexibles dans les stations de transformation extérieures**

L'article propose une simplification du calcul mécanique des conducteurs flexibles dans les stations de transformation en utilisant des nomogrammes et des bréviaires conformément à un normatif établi par l'Institut d'Etudes et de Projets Energétiques (ISPE).

Energetica, 12 (1964), no. 3, p. 121–130

DE L'EXPLOITATION

CD 621.18.004.5

Krauss, H. **Le lavage acide des grandes chaudières**

Energetica, 12 (1964), no. 3, p. 131–134

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CD 621.317.333 : 621.314/315

Adămuț, I. et *Petcu, M.*: **La contamination de l'isolation**

Les auteurs exposent quelques considérations concernant l'action des dépôts sur l'isolation des lignes et des stations diminuant le degré d'isolation de ces installations. L'étude est basé sur l'expérience acquise dans d'autres pays ainsi que sur certains résultats obtenus en Roumanie.

Energetica, 12 (1964), no. 3, p.135–138

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

CD 621.315.002.2.

Măcriș, A.: **La mécanisation de la construction des lignes électriques aériennes en URSS**

Energetica, 12 (1964), nr. 3, p. 139–140

DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.311.163: 621.311.153

Korneicev, A. I.: **Additional power of a thermal power plant used for covering the peak load**

Energetica 12 (1964), nr. 3, p. 97–99.

DC 662.68/69: 621.311.22.003

Dinulescu, C.: **New types of burners for the economic of methane gas and fuel oil in steam boilers**

Energetica 12 (1964), nr. 3, p. 100–103.

DC 621.926: 621.311.22.004.1

Ciuciuc, A.: **Results obtained by crushing lignite through the ventilator mill, constructed at the thermal power plant Doicești**

The author presents the results obtained up to the present by preparing pulverised coal through the ventilator mill constructed at the thermal power plant Doicești.

Energetica 12 (1964), nr. 3, p. 103–107

DC 621.316 : 621.72

Semlyen, A: **A. C. — network model of the Faculty of Electrotechnics Timișoara**

This static network model may feature 20 power plants 100 series elements and 60 consumers. The network parameters are established under voltampermetric control. The model is supplied at a rated voltage of 100 V, a rated current of 100 mA and a frequency of 50 Hz.

Energetica 12 (1964), nr. 3, p. 108–116.

DC 621.311.22.00.001.7

Filitti, D.: **New methods applied for the erection of power plants**

New technological methods, experimented at the power plant Luduș, are investigated by the author. He mentions the erection of the turbine condenser, the erection of the travelling crane 50/8 tf, the assembling of the 100 MW generator stator, the assembling of the 100 MW turbine.

Energetica, 12 (1964), nr. 3, p. 117–121

DC 621.316.262.001.1

Negreanu, C.: **Standard and nomograms for the mechanic calculation of flexible conductors in outdoor substations**

The author aims to simplify the mechanic calculation of flexible conductors in substations by using nomograms and calculation summaries according to a standard worked out in the Institute for power projects and studies (ISPE).

Energetica, 12 (1964) , nr. 3, p. 121–130

FROM THE EXPLOITATION

DC 621.18.004.5

Krauss, H.: **Acid washing of big boilers**

Energetica 12 (1964), nr. 3, p. 131–134.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621.317.333 : 621.314/315

Adămuț, I. and *Petcu, M.*: **Contamination of the insulation**

Some considerations are presented about the action of sediments on the insulation degree of these installations. The article is based upon the experience gained in various countries and some first results obtained in Rumania.

Energetica, 12 (1964), nr. 3, p. 135–138

ENERGETICS ABROAD

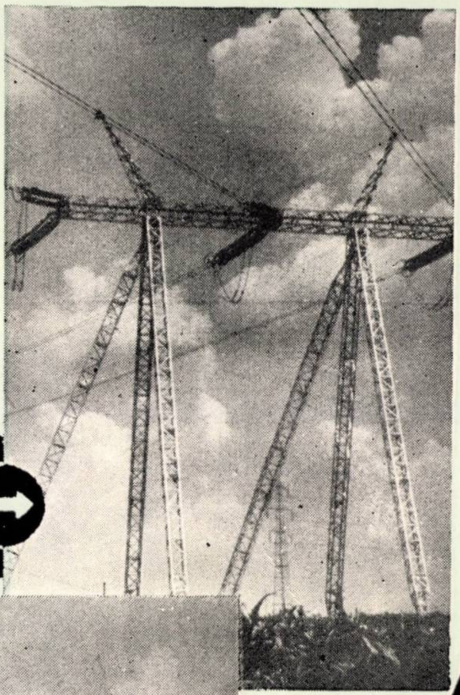
DC. 621.315.002.2

Măcriș, A.: **Mechanisation of the construction of overhead transmission lines in USSR**

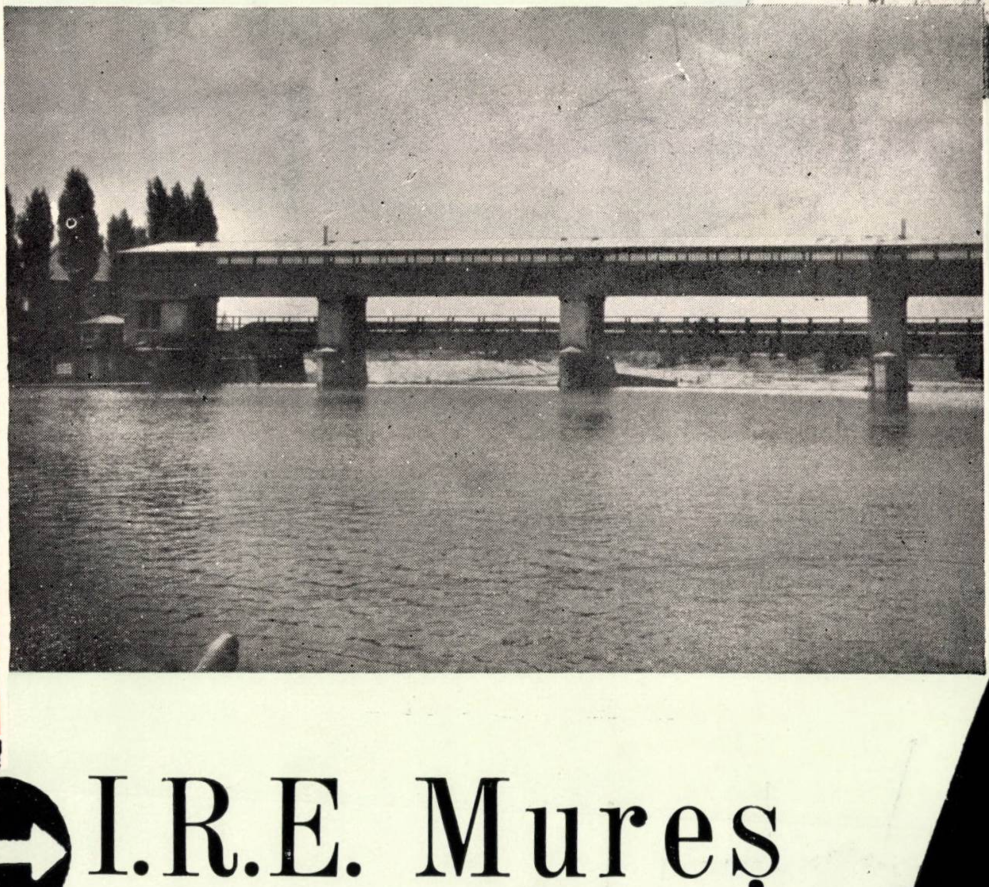
Energetica, 12 (1964), nr. 3, p. 139–140

DOCUMENTATION

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

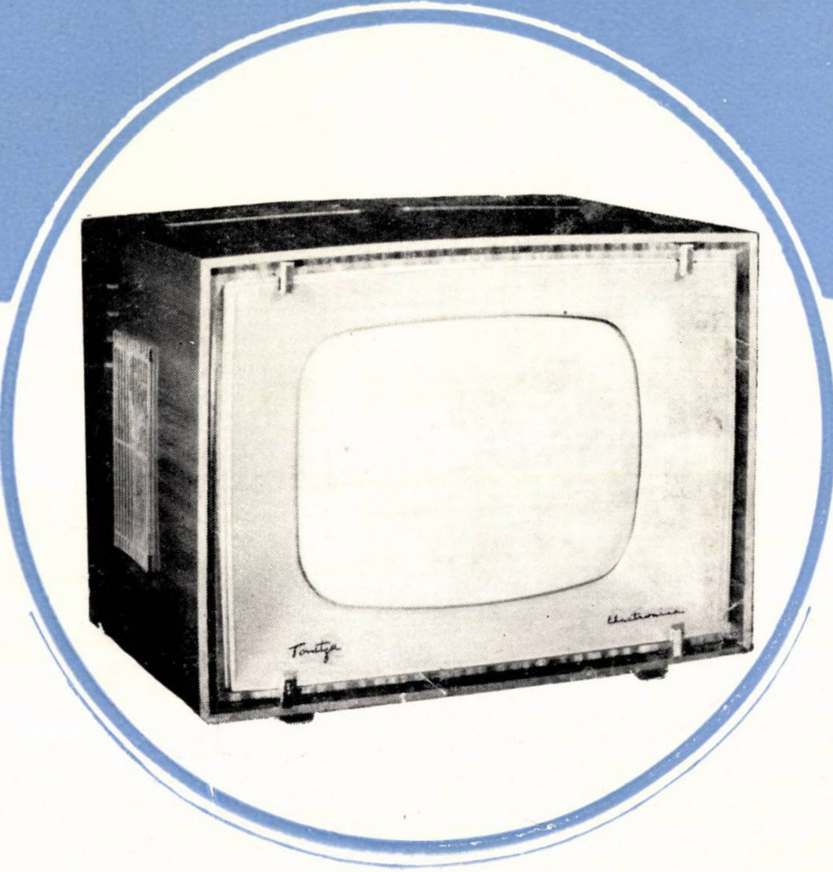


Stilp metalic de colț din linia aeriană de 400 kV



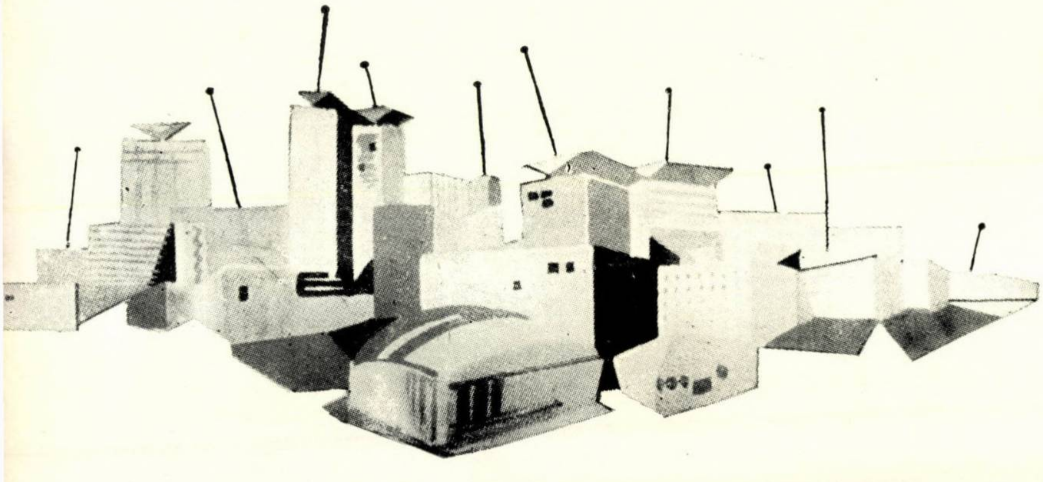
I.R.E. Mureș

TG. MUREȘ ■ PIAȚA TRANDAFIRILOR Nr. 21
TELEFON 29.96



TONITZA

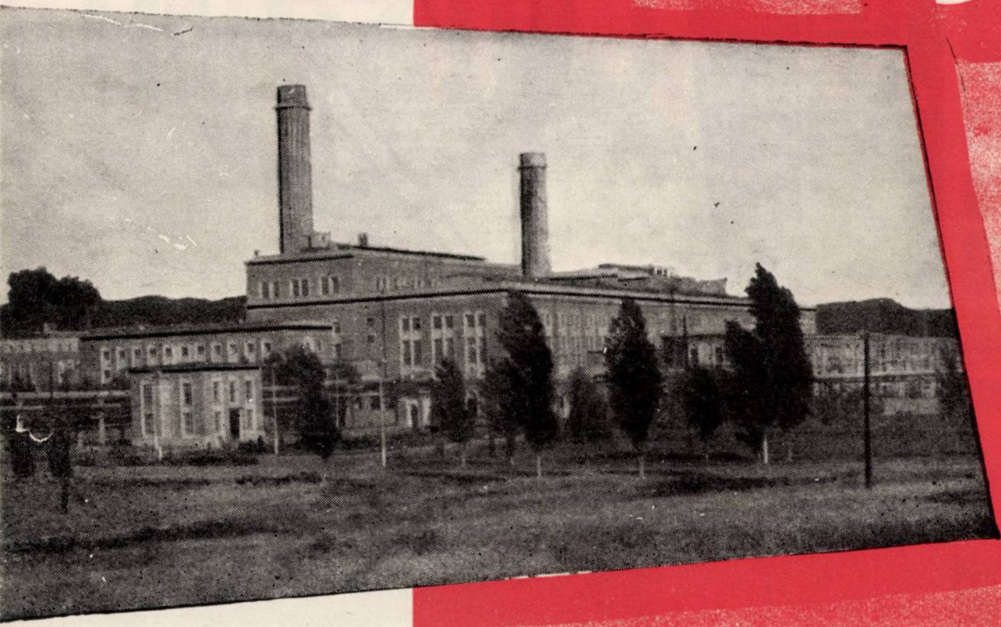
- Un televizor realizat cu circuite imprimate.
- Linie elegantă; stabilitate remarcabilă în funcționare.
- Imagine de înaltă calitate.
- Comutator de canale cu 12 poziții.
- Diagonala ecranului de 43 cm.
- 16 tuburi electronice + 2 diode cu germaniu + 2 diode cu seleniu.
- Tensiunile de alimentare: 120 V și 220 V.



PRODUS DE UZINELE

Electronica

INTREPRINDEREA CENTRALĂ TERMOELECTRICĂ BORZEȘTI



I.C.T.B.

Întreprindere producătoare de energie electrică şi termică, înzestrată cu echipamente şi instalaţii moderne:

- cazane de abur de mare capacitate
- turbine de contrapresiune, de condensaţie şi prize reglabile, de mare putere
- generatoare electrice cu răcire cu hidrogen
- transformatoare şi staţii electrice de 6, 35 şi 110 kV
- instalaţii chimice de demineralizare totală a apei de adaos
- automatizarea electronică a procesului tehnologic

Prin procesul de producţie întreprinderea asigură:

- alimentarea cu energie electrică şi termică a consumatorilor industriali din Complexul petrochimic Borzeşti—Oneşti
- termoficarea oraşului muncitoresc Oneşti

Întreprinderea este interconectată la sistemul energetic naţional, căruia îi furnizează energie electrică

I

R

E

CRISANA

ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE CRIŞANA

Hidrocentrala Aştileu

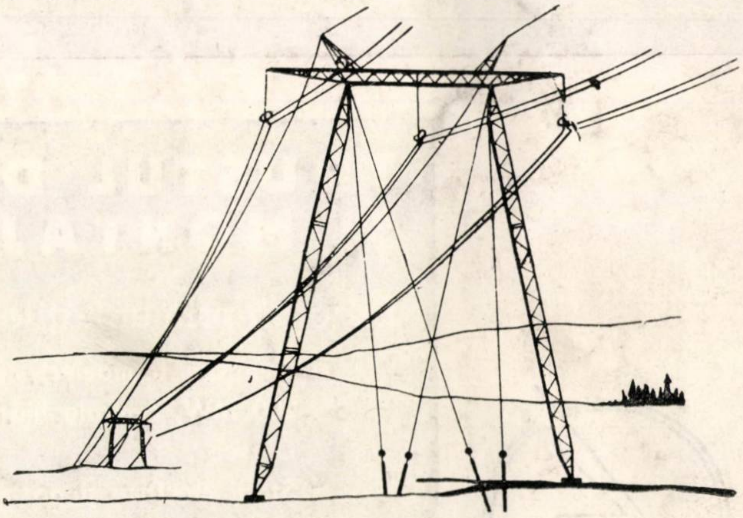
- are o putere instalată de 2 800 kW
- este echipată cu 4 grupuri electrogene de 700 kW
- asigură cu energie electrică oraşele: ORADEA, ALESD şi localităţile învecinate, prin linii de 35 kV şi 6 kV
- este interconectată la reţeaua sistemului energetic naţional

E 2039

R

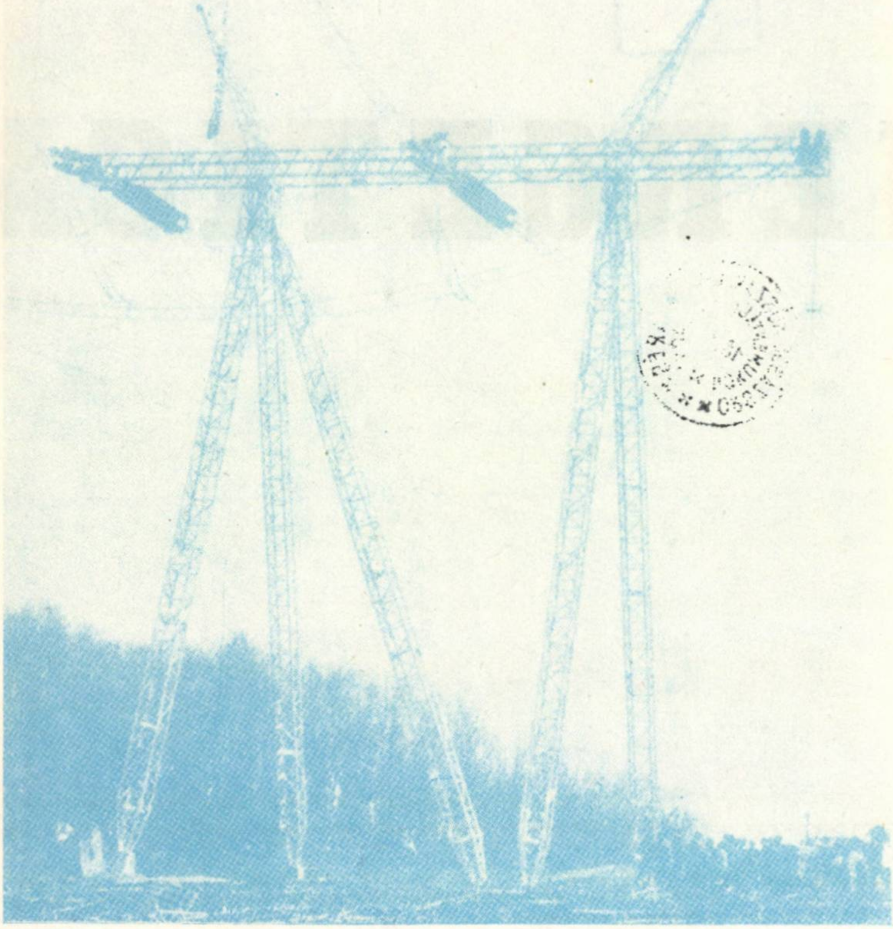
ENERGETICA

VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 5 ★ ENERGETICA



5

BUCUREȘTI ★ MAI ★ 1964



TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unitățile sale de construcții și montaj:

- Centrale termoelectrice și de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Stații electrice și posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuție.
- Electrificări rurale

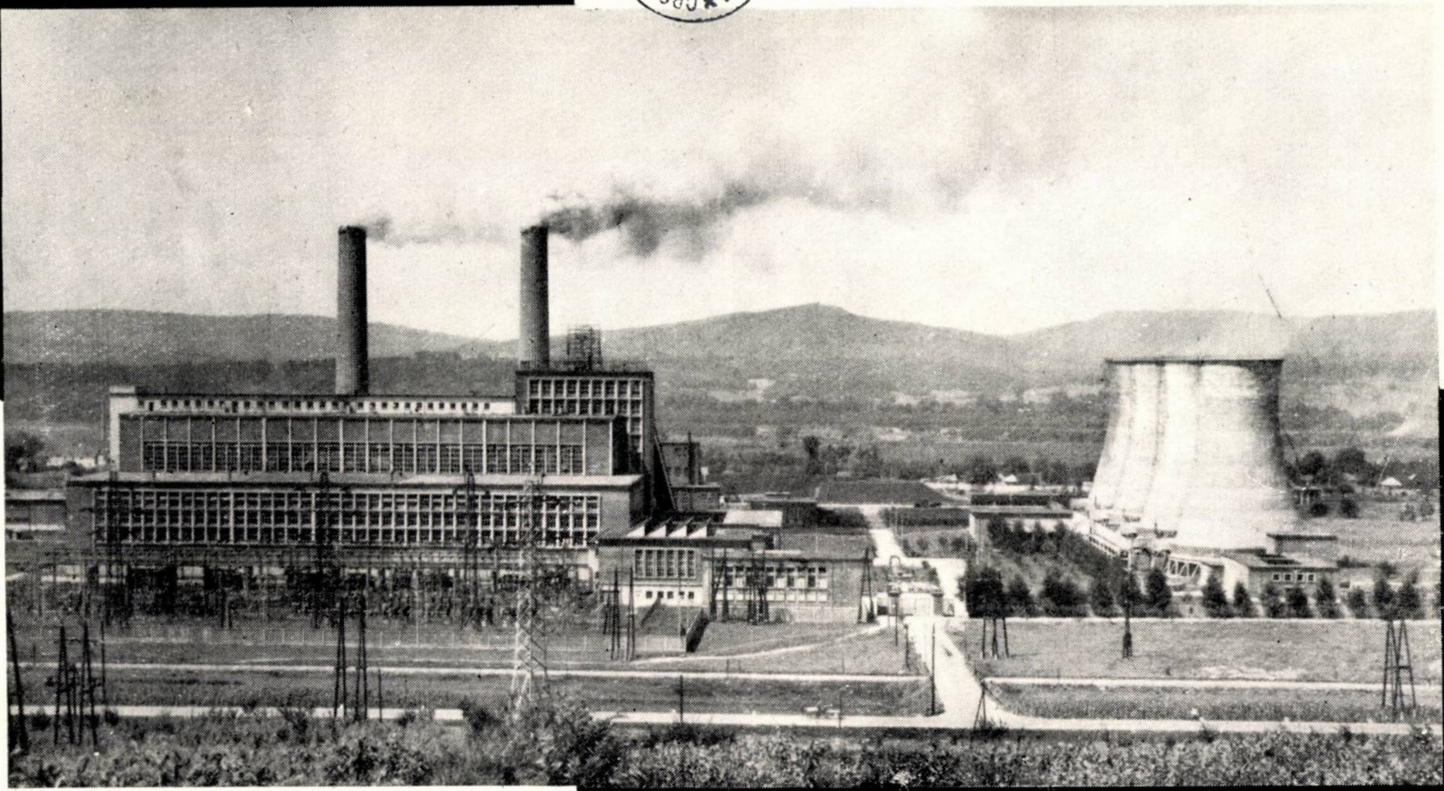
Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați.
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice.
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție.

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.30

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE DOICEȘTI

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883



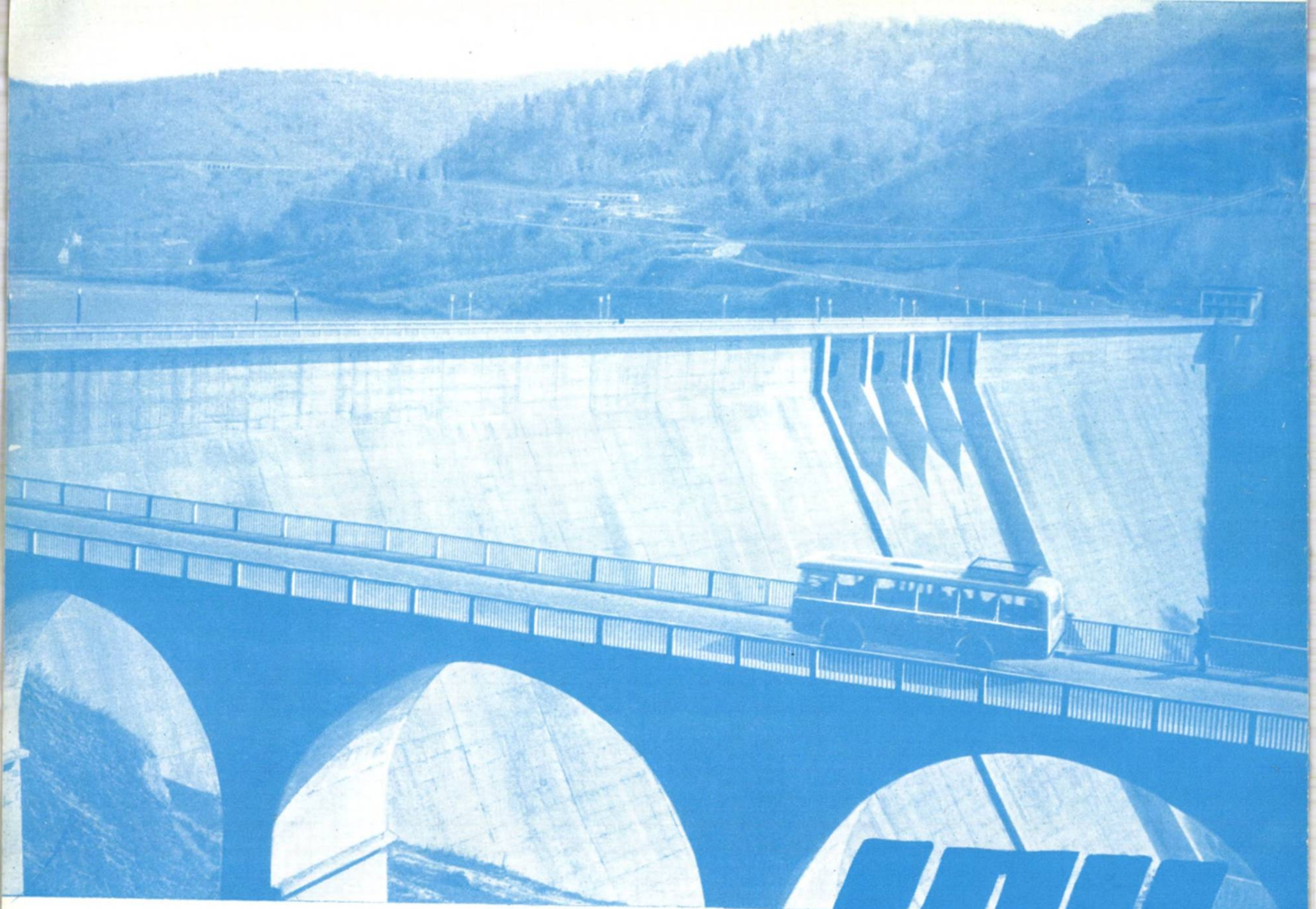
CENTRALA TERMOELECTRICĂ DOICEȘTI
REG. PLOIEȘTI — RAION TÎRGOVIȘTE

Prima centrală termoelectrică de mare putere construită în cadrul Planului de electrificare 1951—1960

Valorifică resurse de ligniți din țară, în special cei din zăcămintele din regiune

Este interconectată la sistemul energetic, livrînd energie la 110, 35 și 6 kV

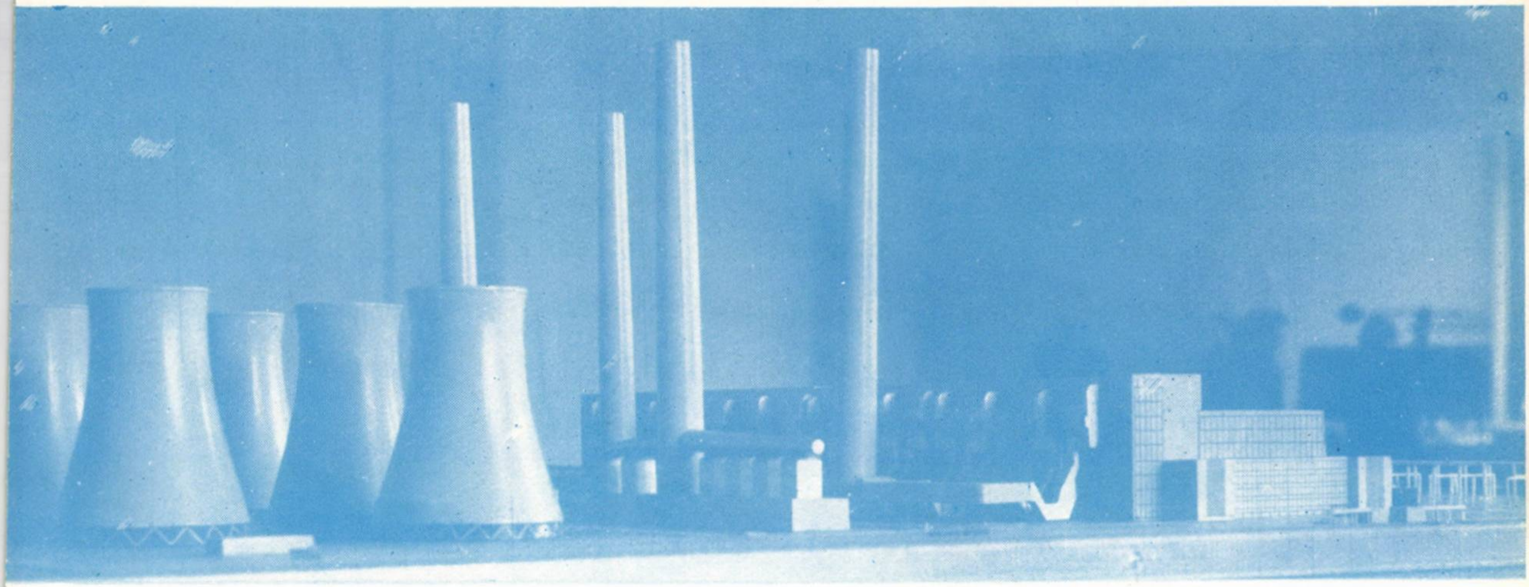
Cenușa rezultată din arderea cărbunilor este utilizată pentru fabricarea de cimenturi speciale



M. M. E. E.

ÎNTREPRINDEREA DE CONSTRUCȚII HIDROENERGETICE

BUCUREȘTI



NSTITUTUL
DE STUDII
ŞI
PROIECTĂRI
ENERGETICE

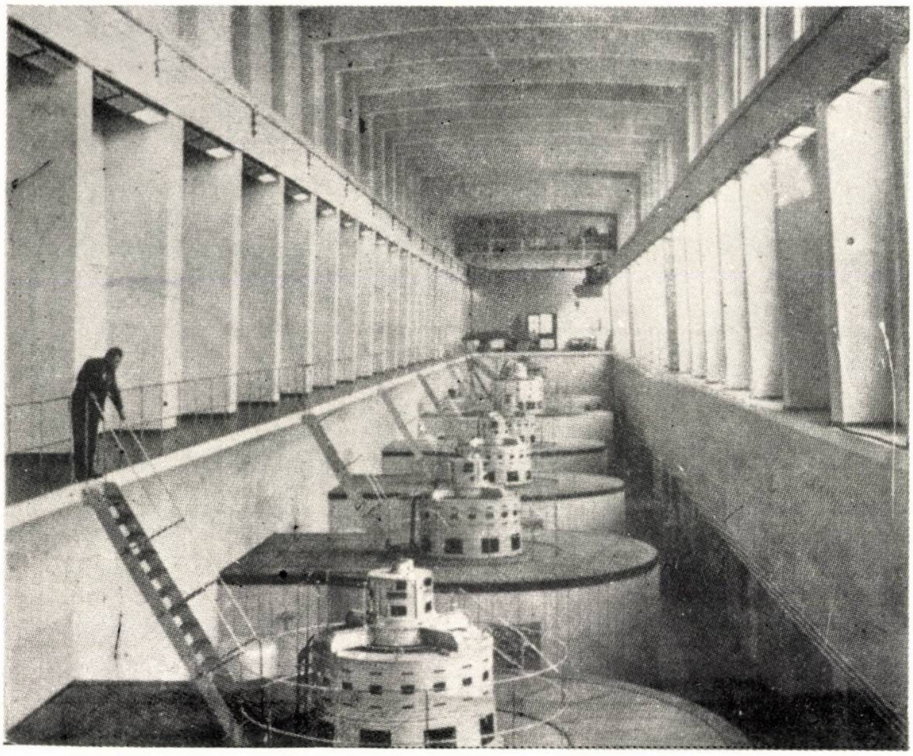
ELABOREAZĂ
- STUDII ŞI AMENAJĂRI COMPLEXE DE SISTEME ENERGETICE
- STUDII DE CENTRALE ELECTRICE DE CONDENSAŢIE ŞI TERMOFICARE
- STUDII DE REŢELE COMPLEXE DE TERMOFICARE URBANĂ ŞI INDUSTRIALĂ

PROIECTEAZĂ
- CENTRALE TERMOELECTRICE
- REŢELE DE TERMOFICARE

ACORDĂ ASISTENŢĂ TEHNICĂ
- PENTRU STABILIREA ECHIPAMENTULUI TEHNOLOGIC LA LUCRĂRI ENERGETICE, EXECUŢIE ŞI PUNERE ÎN FUNCŢIE

ISPE

BUCUREŞTI, Bd. REPUBLICII Nr. 29 - Tel. 158960

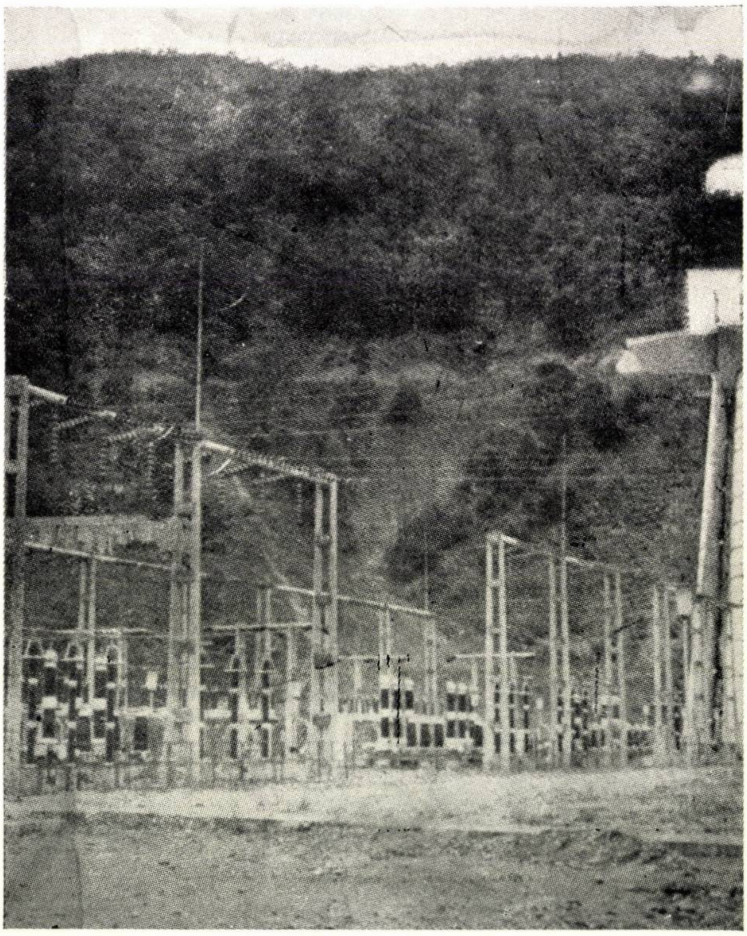


Sala turbinelor de la o centrală electrică

IMCE

BUCUREŞTI, CALEA DOROBANŢILOR 105 ● RAIONUL 30 DECEMBRIE ● TELEFON 11.14.10

Staţie de transformare de înaltă tensiune



Inginerii şi tehnicienii din cadrul Întreprinderii de Montaje Centrale Electrice aplică cele mai moderne procedee tehnologice în montajul de:

— **Cazane de abur cu parametri înalţi**

— **Turbine de abur pînă la puteri de 150 000 kW**

— **Turbine hidro de cele mai variate puteri**

— **Motoare Diesel stabile**

— **Instalaţii electrice pînă la 400 000 V**

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 5 MAI 1964

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

CUPRINS

Popovici, V. : **O reprezentare grafică nouă a ciclurilor termice, folosind diagrama $p - i$ cu izoterme şi adiabate rectilinii** 205—210

Iftime, P. şi *Vilan, M.* : **Despre comportarea în exploatare a unor oţeluri austenitice utilizate în construcţia capelor de generator şi unele măsuri necesare pentru prevenirea avariilor** 211—220

Radu, S. N. : **Probleme de exploatare la o centrală hidroelectrică cu acumulare mare şi derivaţie** 220—230

Rothman, A. : **Analogii electrice şi mecanice în legătură cu circuitul electric** 230—232

Matei, D. : **Criteriul tehnico-economic la alegerea surselor de iluminat electric** 233—236

Măcriş, A. şi *Sterian, M.* : **Industrializarea montajului staţiilor electrice în cadrul Trustului de construcţii şi montaje energetice** 237—243

DIN EXPLOATARE

Nicu, Vl. : **Un caz particular de variaţie a consumului specific de combustibil pentru producerea căldurii** 243—245

CRONICĂ

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

ENERGETICA

ANUL 12
1964
Nr. 5
MAI

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL
CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

KÖNYVTÁRÉS
KÖZPONT
383

O reprezentare grafică nouă a ciclurilor termice, folosind diagrama p—i cu izoterme și adiabate rectilinii

Dr. ing. V. Popovici

Pentru studierea cu ușurință a diferitelor cicluri termice, este necesară o determinare rapidă a mărimilor care conduc la calcularea randamentelor termice, și anume entalpiile finale și inițiale ale aburului cu care se poate calcula puterea produsă.

În acest scop este necesară o reprezentare grafică simplă, în care diferitele transformări să fie reprezentate, pe cît posibil, prin linii drepte, ale căror lungimi să se poată măsura direct.

În prezent, în acest scop se folosesc următoarele diagrame :

1. Diagrama $T-s$, cunoscută sub numele de diagrama entropică, în care temperaturile sînt date pe ordonată și entropiile pe abscisă.

Dezavantajul acestei reprezentări grafice constă în aceea că nu se pot măsura direct cantitățile de căldură (entalpiile), acestea fiind niște suprafețe mărginite, de cele mai multe ori, de curbe ; pentru a se obține cantitățile de căldură, trebuie planimetrate aceste suprafețe, ceea ce este incomod și cere timp ; în schimb, cu diagrama entropică se poate studia orice fel de ciclu, oricît de complicat ar fi.

2. Diagrama $i-s$, în care entalpiile sînt date pe ordonată și entropiile pe abscisă. În această diagramă se pot urmări ușor numai adiabatele (linii drepte verticale pe care se măsoară direct entalpiile) ; toate celelalte transformări sînt curbe mai mult sau mai puțin complicate ; cu această diagramă nu se poate urmări fenomenul fizic propriu-zis.

În cele ce urmează se încearcă să se găsească o nouă reprezentare grafică a ciclurilor termice care să permită studierea și calcularea performanțelor oricărui ciclu, ca în diagrama entropică $T-s$, dar care să permită și măsurarea directă a entalpiilor, ceea ce nu se poate face în diagrama $T-s$.

În această nouă diagramă, entalpiile se măsoară direct pe orizontală, iar izobarele și adiabatele sînt linii drepte.

I. Prezentarea și construirea noii diagrame

În această nouă diagramă, presiunile sînt date pe verticală, iar entalpiile pe orizontală ; diagrama are un ax vertical, care corespunde cu axul critic din diagrama entropică.

Toate entalpiile sînt date pe orizontale (corespunzătoare temperaturilor respective) și se măsoară în stînga și dreapta axului critic (care servește drept origine cu dublu sens).

Pentru a se înțelege mai ușor construcția acestei noi diagrame, se ia ca model diagrama entropică $T-s$ (fig. 1, *a*). Axului critic al acesteia, KK', îi corespunde axul KO din noua diagramă (fig. 1, *b*). Oricărei suprafețe dreptunghiulare din diagrama entropică, mărginită la partea superioară de o anumită temperatură, îi corespunde în noua diagramă un segment de dreaptă orizontală așezat pe temperatura respectivă ; astfel, suprafața $ABba$ din figura 1, *a*, limitată de temperatura T_2, este echivalentă cu segmentul AB (fig. 1, *b*), așezat pe orizontala temperaturii T_2.

Cînd temperatura scade, dreptunghiul $ABba$ (fig. 1, *a*) se micșorează proporțional cu temperatura și suprafața lui se anulează la $T = 0$ (zero absolut).

În noua diagramă (fig. 1, *b*), în aceleași condiții, segmentul AB se micșorează proporțional cu temperatura și devine zero, în punctul O, care este vîrful comun al tuturor triunghiurilor.

În diagrama entropică, dreptele verticale Aa și Bb care limitează suprafața dreptunghiulară $ABba$, ca și toate suprafețele similare din ce în ce mai mici — de exemplu $DCba$ (fig. 1, a) — reprezintă, după cum se știe, adiabate.

Tot astfel, în noua diagramă, dreptele AO și BO, care limitează segmentul AB, ca și toate segmentele similare din ce în ce mai mici — de exemplu DC (fig. 1, b) — vor reprezenta tot adiabate.

Prin urmare, în noua diagramă adiabatele sînt linii drepte oblice, care trec toate prin punctul O.

Pentru construirea noii diagrame se procedează astfel:

Pe axul diagramei KO (fig. 1, b), în dreptul temperaturii 0°C (T_0), se figurează segmentul $O'P$, a cărui lungime este echivalentă cu suprafața T_0PpO din diagrama entropică (fig. 1, a), adică este egal cu căldura de vaporizare a apei la 0°C. Segmentul $O'P$ este astfel așezat față de axul KO, încît porțiunea $O'T_0$ să fie echivalentă cu suprafața $T_0RK'O$, iar porțiunea T_0P cu suprafața $RPpK'$, ambele din diagrama entropică; în același mod se figurează un alt segment, AB, în dreptul altei temperaturi T_2 (fig. 1, b), care este echivalent cu suprafața $ABba$ (fig. 1, a) și care este, de fapt, căldura de vaporizare a apei la temperatura T_2; procedînd astfel și la alte temperaturi, segmentele corespunzătoare căldurilor de vaporizare respective devin din ce în ce mai mici pînă în punctul T_c (temperatura critică), unde, căldura de vaporizare fiind zero, segmentul respectiv se reduce la un punct.

Unind extremitățile acestor segmente, se obțin curbele $O'AT_c$ (fig. 1, b), care corespund curbei T_0AT_c (curba de încălzire) din diagrama entropică, și T_cBP (fig. 1, b), care corespund curbei T_cBP (curba de saturație) din diagrama entropică.

Pe dreapta orizontală corespunzătoare fiecărei temperaturi se figurează, spre stînga, un alt segment, echivalent cu căldura de încălzire a apei de la 0°C la temperatura respectivă, astfel că vom avea în continuare căldura de încălzire și căldura de vaporizare.

Așa, de exemplu, la temperatura T_2, segmentul SA (fig. 1, b) reprezintă căldura de încălzire de la 0°C la T_2, iar segmentul AB, căldura de vaporizare la aceeași temperatură, după cum s-a arătat.

Prin urmare, segmentul SB reprezintă entalpia aburului saturat la temperatura T_2. Extremitățile segmentelor de genul lui SA (căldurile de încălzire) sînt situate pe o curbă $O'SS'$ (fig. 1, b), pe care o vom numi *curba de origine*; de la această curbă spre dreapta se măsoară toate entalpiile (în cazul obișnuit, cînd încălzirea se face la presiune constantă).

În dreapta curbei de saturație s-a trasat o serie de curbe de supraîncălzire, T_3, T_4 etc. (fig. 1, b), astfel că pe aceeași dreaptă orizontală, corespunzătoare unei presiuni, respectiv unei temperaturi de saturație oarecare, se poate măsura în continuare și căldura de supraîncălzire.

De exemplu, la temperatura de saturație T_2, căldura de supraîncălzire a aburului saturat de la T_2 la T_3 va fi dată de segmentul BM; punctul M este intersecția orizontalei T_2 cu curba de supraîncălzire T_3.

Segmentul total SM va fi deci entalpia aburului avînd temperatura de saturație T_2, cu supraîncălzire pînă la T_3.

Acest segment SN este compus din $SA + AB + BM$, adică entalpia totală este suma căldurii de încălzire de la 0°C la $T_2(SA)$ plus căldura de vaporizare la $T_2(AB)$ plus căldura de supraîncălzire de la T_2 la T_3 (BM).

Segmentul BM (fig. 1, b) este deci echivalent cu suprafața $BMNmb$ din diagrama entropică (fig. 1, a). Această suprafață, care reprezintă — după cum s-a arătat — căldura de supraîncălzire la presiune constantă, este compusă din suprafața dreptunghiulară $BNmb$ și triunghiul curbiliniu BMN. Vom denumi acest triunghi *vîrf de supraîncălzire*.

S-a figurat în stînga axului critic KO (fig. 1, b) o serie de curbe T_3, T_4, care dau pentru fiecare presiune, corespunzătoare temperaturii de saturație, vîrful de supraîncălzire pînă la diferitele temperaturi de supraîncălzire.

Astfel, tot la temperatura T_2, vîrful de supraîncălzire pînă la T_3 (respectiv suprafața BMN) (fig. 1, a) este dat de segmentul T_2t (fig. 1, b), punctul t fiind intersecția orizontalei T_2 cu curba vîrfurilor de supraîncălzire T_3'.

Dacă din segmentul BM (fig. 1, b), care reprezintă căldura de supraîncălzire totală, se scade segmentul T_2t, adică vîrful de supraîncălzire, se obține segmentul $BN(MN = T_2t)$, care reprezintă suprafața dreptunghiulară $BNmb$ din diagrama entropică (fig. 1, a). În acest caz, adiabata Nm din diagrama entropică va fi reprezentată prin dreapta NO, adică este adiabata corespunzătoare în noua diagramă (fig. 1, b).

Este de precizat, deci, următorul lucru important: pentru a determina adiabata corespunzătoare supraîncălzirii la T_3, în condițiile de mai sus, în punctul M, care măsoară entalpia corespunzătoare totală (fig. 1, b), se scade un segment MN, egal cu T_2t, adică cu vîrful de supraîncălzire respectiv, care se citește de la axul KO pînă la curbele respective T_3', T_4' etc., spre stînga. Din punctul N, astfel determinat, se duce o dreaptă pînă în punctul O. Această dreaptă, NO, reprezintă adiabata căutată.

După cum se știe, fiecărei temperaturi îi corespunde o anumită presiune de saturație. În noua diagramă, pe axa verticală a temperaturilor sînt marcate și presiunile corespunzătoare de saturație, pînă la temperatura critică (fig. 2).

Dincolo de curba de saturație, adică în regiunea de supraîncălzire, izobarele în diagrama entropică sînt niște curbe, ca, de exemplu, BM

(fig. 1, *a*). În noua diagramă, izobarele sînt, și în această regiune, tot linii drepte orizontale, în prelungirea liniei de temperatură sau presiune de saturație respectivă, adică, în exemplul de mai sus, linia BM (fig. 1, *b*) fiind în legătură cu curbele de supraîncălzire T_3, T_4 etc.

Izotermele sînt, în noua diagramă, tot linii drepte orizontale în zonele de saturație, întocmai ca și în diagrama entropică. În regiunea de supraîncălzire, izotermele sînt linii curbe. În sfîrșit, curbele de titlu constant se trasează foarte ușor, prin împărțirea segmentelor care reprezintă căldurile de vaporizare în părți egale; punctele rezultate se unesc și astfel se obțin aceste curbe (x_1, x_2, x_3, x_4) (fig. 2).

II. Folosirea diagramei la calculul unor cicluri mai simple în raport cu diagrama entropică

1. *Ciclul Carnot*

În diagrama entropică, un ciclu Carnot între două temperaturi oarecare, T_1 și T_2, este reprezentat printr-un dreptunghi, ca de exemplu $ABCD$ (fig. 1, *a*). Aria $ABba$ reprezintă căldura absorbită, iar $DCba$ — căldura cedată. Randamentul termic va fi : $(ABba - DCba)/ABba$.

În noua diagramă, același ciclu Carnot este dat de trapezul $ABCD$ (fig. 1, *b*), în care AB este căldura absorbită, iar CD — căldura cedată. Randamentul termic va fi deci: $(AB - CD)/AB$. Toate segmentele se măsoară direct pe diagramă.

2. *Ciclul Rankin fără supraîncălzire*

În diagrama entropică, un ciclu Rankin fără supraîncălzire, care lucrează între aceleași limite de temperaturi, este dat de suprafața $EABCE$ (fig. 1, *a*), adică $EABbe$ — $eECbe$, care reprezintă respectiv căldura absorbită și cedată, prin urmare entalpia inițială și finală. Randamentul termic va fi deci :

$$\frac{EABbe - ECbe}{EABbe}.$$

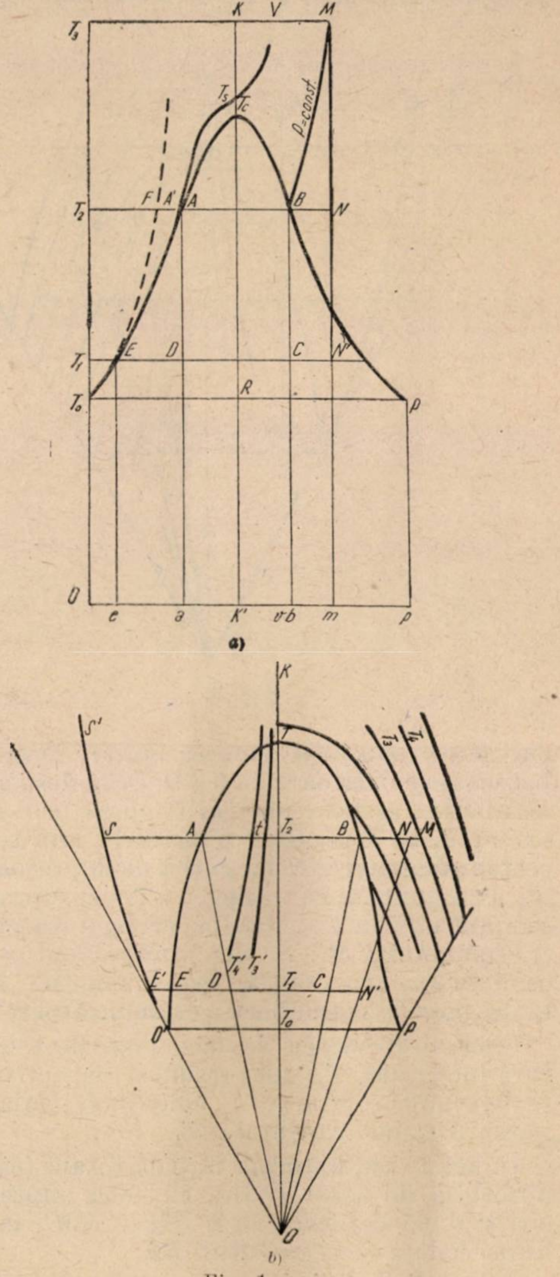
În noua diagramă (fig. 1, *b*), în aceleași condiții, entalpia inițială (căldura absorbită) este dată de segmentul SB, iar entalpia finală — de segmentul CE'. Punctul C este determinat de intersecția adiabatei ce coboară din B, adică dreapta BO, cu orizontala ce corespunde temperaturii finale T_1 sau presiunii corespunzătoare a condensatorului. Căldura transformată în lucru mecanic este $SB - CE'$; randamentul termic este dat de $\frac{SB - CE'}{SB - EE'}$.

Trebuie menționat următorul lucru : căldura efectiv absorbită nu este entalpia inițială SB, care este socotită de la 0°C, ci căldură absorbită începînd de la temperatura apei de alimentare, T_1.

Prin urmare, din SB trebuie scăzut segmentul EE', care reprezintă căldura de încălzire a apei de la 0° la T_1.

3. *Ciclul Rankin cu supraîncălzire*

În diagrama entropică, un ciclu Rankin care lucrează în condițiile de mai sus, dar cu supraîncălzire pînă la T_3, este dat de suprafața $EABMN'E$ (fig. 1, *a*), adică $EABMme - EN'me$, randamentul termic fiind $\frac{EABMme - EN'me}{EABMme}$.



a)

b)

Fig. 1.

În noua diagramă (fig. 1, *b*) entalpia inițială este segmentul SM, iar entalpia finală, $N'E'$; punctul N' este dat de intersecția adiabatei NO, determinată așa cum s-a arătat, cu orizontala corespunzătoare temperaturii T_1. Prin urmare, căldura transformată în lucru mecanic este $SM - N'E'$, iar randamentul termic $\frac{SM - N'E'}{SM - EE'}$.

4. *Ciclul cu supraîncălziri repetate*

Se consideră abur la presiunea P_2 (corespunzătoare temperaturii de saturație T_2), supraîncălzit la T_3; entalpia corespunzătoare va fi segmentul SM (fig. 2). Se determină segmentul $MN = mn$, așa cum s-a arătat. Deci adiabata corespunzătoare va fi NO. Dacă destinderea adiabatică se face pînă la temperatura T_2, de exemplu, se determină punctul F, adică intersecția adiabatei NO cu curba de supraîncălzire T_2. Presupunem că se face o a doua supraîncălzire, tot pînă la T_3; entalpia corespunzătoare va fi segmentul FM'. Se determină $M'N' = m'n'$, ca mai sus, și se obține astfel punctul N', de unde pornește adiabata corespunzătoare $N'O$.

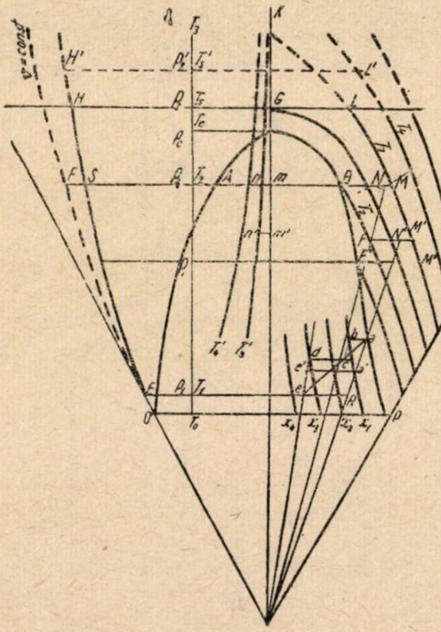


Fig. 2.

Dacă destinderea se face pînă la temperatura inferioară, T_1 (sau presiunea respectivă P_1), se determină și punctul R, adică intersecția adiabatei $N'O$ cu orizontala T_1.

În acest caz, entalpia inițială totală (căldura absorbită de acest ciclu), cu două supraîncălziri și două detente, va fi $SM + FM'$, iar căldura cedată – segmentul RE.

În cazul cînd detenta s-a efectuat pînă la o presiune oarecare P_1', se determină punctul F', adică intersecția adiabatei NO cu izobara (orizontala) corespunzătoare presiunii P_1'; căldura de supraîncălzire pînă la T_3 va fi în acest caz $F'M''$.

5. *Ciclul regenerativ*

Atunci cînd căldura de condensare la diferite presiuni, respectiv temperaturi, este folosită la preîncălzirea apei de alimentare, avem de-a face cu un ciclu regenerativ. Din figura 2 se vede că segmentul ab reprezintă căldura de condensare pînă la titlul x_1; urmează o destindere adiabatică pînă la o altă presiune mai joasă, la care se mai condensează o parte din abur pînă la titlul x_3, iar de aici o altă detentă pînă la presiunea condensatorului, P_1.

Căldura cedată va fi $ab + cd + eE$. În ciclul regenerativ maxim, condensarea regenerativă se face după dreapta ae; în acest caz, căldura cedată va fi $a'e' + eE$, în care $a'e'$ este orizontala dusă la mijlocul înălțimii triunghiului aeR, între cele două adiabate extreme.

6. *Ciclul cu încălzire la volum constant*

Dacă încălzirea apei se face la volum constant, în loc de presiune constantă, curba respectivă în diagrama entropică este dată de T_0F (fig. 1, *a*), în cazul cînd această încălzire se face de la 0° la T_2.

Entalpia corespunzătoare va fi mai mare decît în cazul încălzirii la volum constant, cu suprafața T_0FA.

În noua diagramă, curba încălzirii la volum constant este $O'F$ (fig. 2).

Se vede că diferența de entalpie de mai sus este segmentul FS.

III. Cicluri supracritice

Într-un ciclu supracritic, presiunea aburului este superioară presiunii critice, adică, în cazul apei, peste 225 atm.

Proprietățile aburului la presiuni supracritice sînt calculate, în tabelele de abur actuale, numai pînă la 300 ata.

Încălzirea apei la o presiune supracritică, P_s (de la T_0) și supraîncălzirea în continuare a fluidului la temperatura finală, T_3, sînt date în diagrama entropică (fig. 1, *a*) prin conturul $T_0A'T_sV$; entalpia corespunzătoare va fi $T_0A'T_sV_vO$. Se vede că curba de mai sus taie axa $K - K'$ într-un punct T_s.

În noua diagramă s-au figurat pe o verticală, paralelă cu axul critic, temperaturile și presiunile de saturație corespunzătoare pînă la punctul critic (fig. 2 și 4) și în continuare punctele de intersecție de tipul T_s, cărora le corespund diferite presiuni supracritice.

Ducînd o orizontală prin T_s (fig. 2), punem segmentul GH egal cu suprafața $T_0A'T_sK'O$; se observă că punctul H cade pe prelungirea curbei $O'S$, adică a curbei de origine. În ceea ce privește supraîncălzirea, suprafața corespunzătoare din dreapta axului critic al diagramei entropice, adică T_sV_vK' (fig. 1, *a*), este figurată în noua diagramă prin segmentul în continuare GL. Se vede că punctul L cade pe prelungirea curbei de supraîncălzire T_3. Pe scurt, orice ciclu supracritic de presiune P_s', de exemplu al cărui punct de intersecție cu axa verticală este P_s' (fig. 2), supraîncălzit pînă la o temperatură oarecare, T_4, are o entalpie dată de segmentul $H'L'$; punctele H' şi L' sînt situate pe prelungirea curbelor respective.

Pentru a determina diferitele puncte de intersecţie de tipul lui P_s, corespunzătoare diferitelor presiuni supracritice, s-a procedat în felul următor: s-au reprezentat grafic segmentele corespunzătoare presiunilor de saturaţie, în funcţie de temperaturile respective, şi în continuare presiunile supracritice cunoscute, adică pînă la 300 ata, în funcţie de temperaturile corespunzătoare punctelor de intersecţie, T_s.

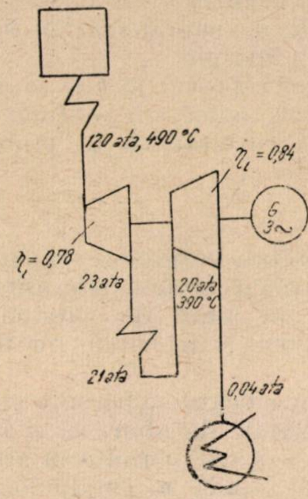


Fig. 3.

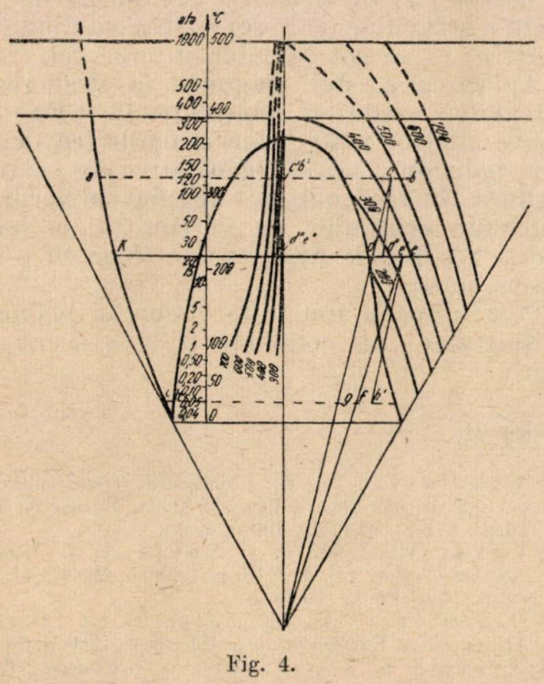


Fig. 4.

S-a prelungit curba rezultată, obţinîndu-se date probabile pînă la 1 000 ata şi suficient de exacte pînă la 500 ata (fig. 4).

Pe măsură ce rezultatele determinărilor experimentale vor atinge parametri mai înalţi, aceste date din diagramă vor fi corectate.

În sfîrşit, prelungind curbele de supraîncălzire şi curbele vîrfurilor de supraîncălzire, se pot calcula, cu rezultate probabile, performanţele ciclurilor supracritice pînă la circa 1 000 ata şi 700°C.

În regiunea extrapolată (peste 400°C), toate curbele sînt figurate punctat (fig. 2 şi 4).

IV. Exemplu de utilizare a diagramei pentru cicluri în centrale

Pentru a exemplifica folosirea diagramei la calcularea unui ciclu termic de abur într-o centrală termoelectrică, se dă exemplul următor (fig. 3) [3].

Să considerăm parametrii iniţiali ai aburului la intrarea în turbină (treapta de înaltă presiune) 120 ata, cu supraîncălzire la 490°C. Destinderea se efectuează pînă la o presiune finală de 23 ata. Urmează o a doua supraîncălzire pînă la 390°C şi o nouă destindere, în treapta de joasă presiune, pînă la presiunea condensatorului, de 0,04 ata.

În prima destindere, randamentul turbinei este de 0,78, iar în a doua 0,84. Se calculează randamentul termic final efectiv şi randamentul termic teoretic (presupunînd că destinderile se fac perfect adiabatic); se neglijează pierderile de căldură prin conducte.

Pentru aceasta se foloseşte diagrama din figura 4, care, deşi redusă ca dimensiuni, cuprinde totuşi întreg domeniul de aplicare a vaporilor de apă pînă la 700°C şi cu extrapolări de presiune pînă la 1 000 ata.

Scara entalpiilor este: 1 mm = 20 kcal.

Pentru a trasa ciclul de mai sus în această diagramă, se procedează în felul următor: se duce o orizontală în dreptul presiunii 120 ata, care se găseşte pe scara verticală a presiunilor; segmentul *ab*, cuprins între curba de origine şi punctul de temperatură de supraîncălzire 490°C (aproape de curba 500°C), reprezintă entalpia totală la 120 ata şi 490°C.

Pentru a determina adiabata ce corespunde destinderii din acest punct, se procedează cum s-a arătat la pct. I. Se măsoară segmentul $c'b'$, în dreapta axului critic, între acest ax şi curba vîrfurilor de supraîncălzire de 490°. Se ia $bc = b'c'$ şi, unind punctul c cu vîrful O, se obţine dreapta cO, adică adiabata corespunzătoare.

Pentru a efectua destinderea pînă la 23 ata, se duce în dreptul acestei presiuni o altă orizontală, *ke*. Punctul *d*, adică intersecţia adiabatei *cO* cu dreapta *ke*, reprezintă starea finală în cazul destinderii adiabatei ideale; dar, după cum s-a arătat, în timpul acestei prime detente randamentul respectiv al turbinei este de 0,78, şi prin urmare 22% din entalpia iniţială nu se transformă în lucru mecanic. Destinderea respectivă va fi politropă.

Starea finală se obţine în felul următor: entalpia iniţială înainte de destindere este dată de segmentul ab, iar după destindere (în cazul ideal) de segmentul kd; diferența $ab-kd$ reprezintă căldura transformată în lucru mecanic. Dar în realitate 22% nu se transformă în lucru mecanic; calculăm $0{,}22\ (ab-kd)$ și obținem segmentul dd', pe care-l figurăm pe orizontala ke în continuarea lui d; în acest caz, cd' reprezintă destinderea politropă în condițiile de mai sus.

Urmează a doua supraîncălzire pînă la 390°C, care este reprezentată de segmentul de dreaptă $d'e$ (supraîncălzirea ideală este însă de), punctul e fiind situat aproape de 400°; în mod practic, intervalul dintre curbele 300 și 400° poate fi împărțit proporțional, astfel că punctul de 390° (e) va fi determinat la 0,9 din acest interval.

Procedînd în același mod, se determină temperatura corespunzătoare punctului d', adică circa 280°C.

Pentru a determina adiabata de destindere din punctul e, se ia $ee' = e''d''$, în care $e''d''$ reprezintă segmentul de diferență între curbele vîrfurilor de supraîncălzire ce corespund temperaturilor de 390 și 280°; dreapta $e'O$ este adiabata căutată (se observă că segmentele de genul lui $b'c'$ și $e''d''$ sînt foarte mici, astfel că o eroare de măsurare nu modifică aproape de loc rezultatul final).

Din datele problemei rezultă că a doua destindere se face pînă la presiunea condensatorului, de 0,04 ata. Ducem orizontala ih', în dreptul acestei presiuni, și punctul g va indica starea finală a destinderii adiabate; dar, în această a doua destindere, randamentul turbinei este de 0,84. Se procedează ca mai sus, adică se ia $gf = 0{,}16\ (ke-ig)$.

Dreapta $e'f$ este politropa destinderii reale. Căldura cedată în condensator va fi dată de segmentul fi.

În concluzie, randamentul teoretic va fi:

$$\frac{ab + de - gi}{ab - de - hi},$$

iar randamentul real:

$$\frac{ab + d'e - fi}{ab + d'e - hi}.$$

Dacă se înlocuiesc segmentele cu datele numerice corespunzătoare măsurate pe diagramă, se obține:

$ab = 795$ kcal — $gf = 45$ kcal
$dd' = 24$ kcal — $kd = 688$ kcal
$de = 98$ kcal — $fi = 551$ kcal
$gi = 506$ kcal — $ih = 28$ kcal

Înlocuind în formulele de mai sus, se obține pentru randamentul teoretic valoarea 44,7%, iar pentru randamentul real 37,6%. Aceste rezultate coincid cu datele din problema de mai sus, unde randamentul teoretic este dat 44%, iar randamentul real 36,2%. Diferența în plus găsită la randamentul real provine din faptul că am neglijat unele pierderi de căldură în conductele de supraîncălzire, așa cum s-a menționat la început.

Dacă facem raportul $fh/h'h$, se obține titlul final $x = 0{,}90$, adică un conținut de apă de 10%, același rezultat ca în problema dată.

Concluzii

Din cele arătate rezultă că s-a putut realiza o nouă diagramă cu coordonatele principale $p - i$, avînd însă, în afară de entalpii, și izotermele, adiabatele și izobarele tot în formă de linii drepte.

Această nouă diagramă permite studierea oricărui ciclu termic de abur, ca și în diagrama entropică $T - s$, dar permite în același timp și determinarea rapidă a entalpiilor, care sînt linii drepte orizontale ce se pot măsura direct și însuma foarte ușor.

De asemenea, reprezentarea diferitelor transformări este foarte simplă, deoarece, după cum s-a văzut, izobarele sînt drepte orizontale, iar adiabatele sînt tot drepte, dar oblice, trecînd toate prin punctul O.

În această nouă diagramă, orice ciclu poate fi descompus în elemente sub formă de segmente orizontale (care reprezintă entalpiile respective) ce se pot asambla în orice fel.

Aplicarea acestei diagrame la studierea și calcularea ciclurilor obișnuite în CET este foarte simplă, toate transformările (ca destinderi politrope, prize regenerative etc.) care se întîlnesc în mod obișnuit apărînd sub formă de segmente orizontale ce se construiesc foarte ușor, rezultatele fiind exacte chiar cu o diagramă mică.

Pentru apă și abur este în curs de elaborare o diagramă mai completă și la o scară mai mare.

Bibliografie

[1] Vukalovici, M. P. *Proprietățile termodinamice ale apei și ale aburului.* Editura tehnică, București, 1958, ediția a V-a (trad. din limba rusă).
[2] Vukalovici, M. P. și Novikov, I. *Termodinamica tehnică*, vol. I. Editura tehnică, București, 1956 (trad. din limba rusă).
[3] Dinculescu, C., Moțoiu, C. ș.a. *Centralele termoelectrice.* Editura tehnică, București, 1960, p. 38—65.
[4] Kerțeli, L. I. și Rîjkin, V. I. *Centralele termoelectrice.* Editura energetică de stat, București, 1952 (trad. din limba rusă).
[5] Bruhat, G. *Thermodinamique.* Editura Masson, Paris, 1943.
[6] Manițiu, E. *Termodinamica.* București, 1948.

Despre comportarea în exploatare a unor oțeluri austenitice utilizate în construcția capelor de generator și unele măsuri necesare pentru prevenirea avariilor

Ing. P. Iftime și ing. M. Vilan

Ca urmare a ridicării parametrilor de funcționare a agregatelor energetice, apare necesitatea utilizării, la anumite organe de mașini, a oțelurilor speciale, puternic aliate. Dintre acestea, un loc din ce în ce mai important îl ocupă oțelurile austenitice, ale căror proprietăți și comportare sînt mai puțin cunoscute.

În cele ce urmează se va trata unul dintre domeniile de aplicare a oțelurilor austenitice în construcția echipamentelor energetice, și anume la bandajele metalice (cape), utilizate pentru fixarea capetelor frontale de bobină la rotoarele turbogeneratoarelor. Se vor trata totodată succint și unele sisteme constructive și de montaj ale acestor bandaje.

Pentru fixarea capetelor frontale de bobină la rotoarele turbogeneratoarelor, se cunosc două sisteme: 1) fixarea cu ajutorul unor bandaje metalice, numite cape; 2) fixarea cu ajutorul unor bandaje din sîrmă. Acest sistem de fixare practic nu se mai întîlnește în construcțiile noi de turbogeneratoare, el fiind înlocuit aproape în exclusivitate prin cape.

Deoarece bandajele de fixare a capetelor frontale de bobină sînt elemente puternic solicitate, atît datorită forței centrifuge cît și datorită eforturilor suplimentare care iau naștere în capetele de bobină, prin rotație, apare necesitatea unei analize atente a comportării lor în exploatare.

Unele avarii provocate de cape în exploatare, precum și unele fenomene care preced avariile au scos în evidență necesitatea unui control riguros al calității acestora în cursul uzinării lor, ca și periodic, în cursul exploatării.

1. Cîteva sisteme constructive și de montaj ale capelor de generator

Bandajul sau capa se compune din două părți principale: inelul capei, *B*, și inelul de centrare, *IC* (fig. 1).

În ceea ce privește modul de montaj al capelor pe rotor, acesta se poate realiza în principiu în trei feluri (fig. 2, *a*, *b*, *c*,).

Pentru rotoare de puteri mici, se întrebuințează unul dintre cele trei moduri de realizare a capelor, prezentate în figura 2, *a*, *b*, *c* [4]. Inelul de centrare are un rol dublu: formează reazemul inelului capei, centrîndu-l față de axul rotorului, și servește ca sprijin în sens axial pentru părțile frontale ale bobinelor de pe rotor.

În figura 2,*a* inelul de centrare prezintă un joc față de axul rotorului, permițîndu-i acestuia o deplasare liberă, fără să afecteze poziția capetelor frontale de bobină.

În figura 2, *b*, *c*, inelul de centrare este prins rigid de corpul axului rotorului prin fretare (în figura 2, *c*, el fiind realizat prin prelucrarea materialului axului), partea capei de pe rotor rămînînd liberă.

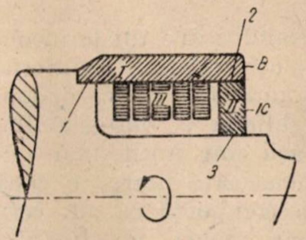


Fig. 1.

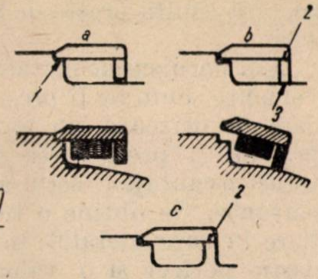


Fig. 2.

În această situație, o dată cu încovoierea axului se produce o deplasare a capei și a capetelor de bobină, fapt care constituie un dezavantaj al acestui sistem constructiv.

În practică se întîlnește un număr relativ mare de variante constructive de cape, fiecare fabrică constructoare adoptînd soluțiile verificate cu rezultate bune de funcționare.

De exemplu, fabrica „Electrosila“ a întrebuințat construcțiile de cape pentru generatoarele din seria T 2, reprezentate în figura 3, *a*, *b*, *c* [5].

Pentru turbogeneratoare de 500, 1 000 și 1500 kW și 3000 rot/min, s-a întrebuințat sistemul din figura 3, *a*.

În figura 3, *b*, *c* se arată construcții pentru turbogeneratoare de 3 000, 6 000, 12 000 și 100 000 kW.

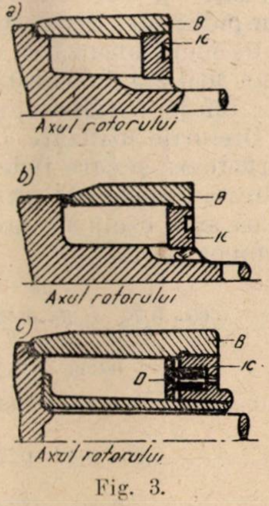


Fig. 3.

În construcția din figura 3, *b*, inelul capei se sprijină numai pe inelul de centrare și are un întrefier mic (circa 2 mm) între partea frontală a inelului capei și butucul rotorului. În celelalte serii de mașini, inelul capei se sprijină și pe butucul rotorului, după cum se vede în figura 3, *a*, *c*.

Unele mașini de 25 000, 50 000 și 100 00 kW au amortizoare pentru amortizarea dilatărilor termice ale înfășurării rotorice.

Un asemenea amortizor se compune, după cum se poate vedea în figura 3, *c*, dintr-un disc *D*, prin care se transmite uniform înfășurării rotorului presiunea unor resorturi puternice, montate în inelul de centrare a capei.

Capele se realizează prin forjare la cald și ecruisare la rece. Ecruisarea este necesară pentru a se realiza limite de elasticitate ridicate. Astfel la un oțel austenitic care în stare brută are limita de elasticitate de circa 30 kgf/mm², această limită crește de 3—4 ori în urma ecruisării.

Deși ecruisarea materialului are unele inconveniente, cum ar fi prezența tensiunilor interne care favorizează un anumit fel de coroziuni, precum și prelucrarea dificilă a materialului, totuși avantajele ecruisării sînt mult mai importante. Se obține o tenacitate mare, o zonă mare în care metalul se comportă ca un corp elastic perfect și o valoare mare a efortului unitar de rupere.

2. Calități de oțeluri austenitice utilizate la fabricarea capelor de generator și caracteristicile mecanice prescrise

2.1. La fabricarea capelor de generator se utilizează anumite oțeluri austenitice, deci nemagnetice, care au caracteristici mecanice corespunzătoare solicitărilor deosebit de importante la care sînt supuse aceste piese în timpul funcționării și care nu duc la pierderi datorite cîmpului de dispersie magnetic.

Se menționează că se întîlnesc cazuri în care s-au utilizat la construcția capelor de generator aliaje neferoase, și anume bronzuri.

Oțelurile utilizate în general de firmele constructoare și care îndeplinesc condițiile impuse pentru capele de generatoare de puteri mai mari sînt oțelurile crom-nichel-mangan, avînd compoziția :

	C	Si	Mn	Cr	Ni
%	0,60—0,70	0,25—0,55	7,25—9	3—4,5	7—8,85
		S	P		
		0,005—0,015	0,015—0,070		

sau oțelurile crom-mangan cu compoziția :

	C	Si	Mn	Cr	Ni
%	0,40—0,50	0,45—0,55	17—18	4—5	—
		S	P		
		0,005—0,014	0,050—0,070		

În afară de oțelurile cu compozițiile indicate mai sus, care se utilizează curent în construcția capelor de generator, literatura tehnică prevede și posibilitatea de utilizare a oțelurilor austenitice cu un conținut mai mare în crom (de peste 12%), nichel de 12%, mangan de 6% și cu un conținut redus de carbon, de 0,2%. Aceste oțeluri prezintă avantajul că duc la evitarea în mare măsură a coroziunii datorită tensiunilor cauzate de nitrații formați ca urmare a efectului corona și care, după cercetările efectuate, generează în foarte multe cazuri fisurarea capelor, fiind una din cauzele principale ale avarierii acestora. De asemenea se menționează în literatură posibilitățile de utilizare la construcția capelor de generator și a oțelurilor fără nichel, cu conținut mărit de mangan, avînd compoziția :

	C	Cr	Mn
%	0,08—0,20	12	20—24

Aliajele neferoase (bronzurile) și chiar oțelul aliat numai cu nichel, care au fost utilizate în construcția capelor de generatoare, de puteri mici, nu sînt indicate pentru cape de generatoare de puteri mari, deoarece în aceste cazuri caracteristicile mecanice sînt cu mult inferioare celor prescrise, rezultate din calcul.

2.2. Cerințele actuale impun, pentru materialul capelor de generatoare de puteri mai mari, următoarele caracteristici mecanice la 20°C :

— rezistența de rupere $\sigma_r = 90$ kgf/mm²
— limita de curgere $\sigma_c = 70$ kgf/mm²
— alungirea δ = minimum 25%.

2.3. Avantajele principale ale oțelurilor austenitice crom-nichel-mangan și crom-mangan, arătate mai sus, a căror utilizare în construcția capelor de generator este cea mai frecventă, constau în faptul că posedă valori ridicate ale rezistenței de rupere și totodată valori mari ale tenacității.

Inconvenientele pe care le prezintă aceste oțeluri sînt :

— se prelucrează foarte greu din cauza ecruisării ;

— încălzirea în timpul prelucrării la cald, la o temperatură de circa 600°C, duce la precipitări intense de carburi la limitele granulelor, care afectează în mod negativ caracteristicile mecanice ale pieselor ;

— ecruisarea care se aplică în scopul ridicării caracteristicilor mecanice la valorile impuse creează tensiuni de valori importante, ce nu pot fi totdeauna eliminate și ale căror consecințe apar în cursul funcționării pieselor ; de asemenea, ecruisarea în direcția tangențială, aplicată capelor, duce la structuri neomogene și la anizotropie ;

— în urma unor solicitări puternice se produc coroziuni datorită tensiunilor.

3. Determinări și controale ce se efectuează la uzinarea capelor de generator din oțeluri austenitice, pentru a se asigura calitatea necesară a materialelor

Pentru a se evita montarea unor cape de generator cu caracteristici necorespunzătoare sau cu anumite defecte, care ar putea avea consecințe grave în exploatare, se efectuează pe parcursul fabricației capelor o serie de determinări și controale defectoscopice, după cum urmează :

3.1. *Determinarea tensiunilor interne.* Se efectuează pe inele de probă din adaosurile prevăzute în acest scop, după cum se vede în figura 6, după ce piesele au fost supuse tratamentului termic și detensionării finale prescrise în tehnologia de fabricație, în funcție de calitatea materialului utilizat.

Scoaterea inelului de probă se face după prescripții speciale, cu șpan mic și cu viteză redusă, cu răcire corespunzătoare, spre a nu se introduce tensiuni din cauza prelucrării.

Înainte și după tăierea inelului de probă se fac măsurători precise pe opt diametre, exact în aceleași puncte.

Este absolut necesar să se prevadă posibilitatea de a se putea scoate inele de probă suplimentare, pentru eventualitatea în care rezultatele determinărilor tensiunilor interne sau a caracteristicilor mecanice obținute pe epruvetele prelevate din primul inel nu sînt corespunzătoare.

Calculul tensiunilor interne permanente se face cu formulele :

$$\sigma_r = \frac{\delta \cdot E}{R\left(\frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} - \frac{1}{\mu}\right)}$$

și

$$\sigma_t = \frac{\sigma_r R^2}{R^2 - r^2}\left(1 + \frac{r^2}{\rho^2}\right),$$

relație care, în cazul frecvent în care $\rho = r$, devine :

$$\sigma_t = -\frac{2\sigma_r R^2}{R^2 - r^2},$$

în care :

σ_r este tensiunea radială ;

δ — mărimea deformației radiale (diferența medie a diametrelor) ;

r — raza interioară a inelului după scoaterea lui ;

R — raza exterioară a inelului după scoaterea lui ;

E — modulul de elasticitate ;

$\frac{1}{\mu} = \frac{10}{3}$ — mărimea inversă a coeficientului elasticității transversale ;

σ_t — tensiunea tangențială ;

ρ — raza secțiunii pentru care se determină tensiunile.

O altă metodă de determinare a tensiunilor interne, la care măsurătorile se efectuează după scoaterea inelului, constă în măsurarea exactă a distanței dintre două repere, înainte de decuparea inelului și după decuparea sa.

Calculul în acest caz se face cu ajutorul formulei :

$$\sigma = \frac{E\,\delta \cdot n}{\pi d^2},$$

în care :

σ este valoarea tensiunii :

E — modulul de elasticitate ;

δ — variația distanței dintre repere ;

n — lățimea inelului ;

d — valoarea medie a diametrului interior al inelului după scoaterea sa.

σ_r și σ_t nu trebuie să depășească valorile de 4 kgf/mm^2 pentru diametre de la 600—1000 mm și de 5 kgf/mm^2 pentru diametre peste 1000 mm.

Secțiunea inelului pentru determinarea tensiunilor este indicat a fi de 25 × 25 mm, și în nici un caz sub 10 × 10 mm.

3.2. *Determinarea durității capelor de generator.* După efectuarea tratamentului termic al capelor, se verifică dacă duritatea materialului se încadrează în limitele prescrise pentru materialul utilizat și dacă variațiile de duritate în diversele zone ale piesei sînt admisibile.

Verificarea durității se face atît direct pe capă, cu ajutorul aparatelor portative, ca ciocanul Poldy, aparatul Emcotest etc., cît și pe inelul de probă, după scoaterea lui, cu aparatul Brinell.

Determinarea durității direct pe cape se consideră indicat a se efectua pe trei generatoare situate la 120° una de alta, în cîte două puncte, iar pe inel în minimum patru puncte, pe două diametre perpendiculare.

Duritatea capelor după tratament, care este în funcție de calitatea oțelului utilizat și a tratamentului termic aplicat, este indicat a fi cuprinsă între $H_B = 230$ kgf/mm^2 și $H_B = 270$ kgf/mm^2.

3.3. După efectuarea determinărilor tensiunilor interne și a durităților, capele de generator și inelele de probă se supun unor controale macroscopice, după cum urmează :

3.3.1. Detectarea eventualelor aglomerări de sulfuri (amprenta Baumann). Această probă constă în aplicarea în diverse zone ale inelului de probă și ale pieselor prelucrate la $\nabla\nabla\nabla$ și degresate a unor hîrtii fotografice pe bază de bromură de argint, muiate în prealabil într-o soluție de 4% acid sulfuric.

Hidrogenul sulfurat, rezultat din reacția dintre acidul sulfuric și sulfurile din oțel, intră în reacție cu bromura de argint din hîrtia fotografică, formînd sulfură de argint, de culoare cafenie, care apare pe hîrtia fotografică, evidențiind eventualele aglomerări de sulfuri în material, care sînt nepermise.

3.3.2. Detectarea eventualelor fisuri care pot fi observate direct la controlul cu lupa. Controlul se face pe suprafețele finisate ale pieselor și pe fețele prelucrate la ∇∇∇ ale inelelor de probă, cu lupa Brinell tip IOR (×8) și cu lupa binoculară tip HVN–1 (×40). Acest control trebuie efectuat cu o deosebită atenție, în special în jurul găurilor de ventilație, unde concentrările de tensiuni sînt deosebit de mari.

Identificarea prin acest control a unor fisuri oricît de fine duce la rebutarea piesei, deoarece, la solicitările mari din timpul funcționării, aceste fisuri se dezvoltă, putînd provoca avarii grave, ca cele care vor fi arătate în cuprinsul acestui articol.

3.3.3. Evidențierea fisurilor foarte fine, ce nu pot fi observate la controlul direct cu lupa, se face prin metoda luminescenței. Această metodă, care dă rezultate foarte bune, poate fi aplicată cu succes atît la controlul capelor noi, cît și la controlul periodic, ce trebuie neapărat efectuat în cursul exploatării, cu atît mai mult cu cît la controlul capelor de generator din oțeluri austenitice nemagnetice nu pot fi aplicate metodele magnetice de control defectoscopic, care sînt cel mai larg răspîndite în situații asemănătoare.

Controlul prin luminescență, asupra căruia se va insista mai mult, deoarece se impune generalizarea lui la controlul capelor de generator, constă în aplicarea pe suprafețele pieselor supuse controlului a unor soluții care devin fluorescente sub acțiunea razelor ultraviolete. Soluția aplicată pătrunde în eventualele fisuri și, după spălarea cu apă a suprafeței piesei, soluția penetrantă fluorescentă rămîne totuși în interiorul fisurilor. După uscarea suprafeței piesei, aceasta se pudrează cu o pulbere foarte fină de silicagel, care poate intra în fisuri, impregnîndu-se cu lichidul fluorescent. Examinîndu-se la lumină ultravioletă, într-o cameră obscură, fisurile pieselor se evidențiază ca niște dîre de culoare verzuie strălucitoare sau verde-albăstruie.

Pentru efectuarea controlului prin luminescență, suprafața piesei se degresează, deoarece uleiul și grăsimea nu permit pătrunderea soluției fluorescente în fisuri. Degresarea se face cu benzină. După degresarea și uscarea pieselor, este indicat, dacă este posibil, ca piesele să fie încălzite înainte de aplicarea soluției fluorescente, la temperatura de 50–60°C, pentru eliminarea aerului din fisuri. Aplicarea soluției fluorescente se face de mai multe ori, cu ajutorul unei pensule.

Soluția se menține pe suprafața piesei timp de 15 minute. După trecerea acestui timp, piesele se spală cu un jet de apă și se usucă în curent de aer cald. Pe suprafața piesei uscate se presară, cu ajutorul unei cutii cu găuri fine, uniform repartizate, silicagel foarte fin, care se menține pe suprafața piesei circa 30 minute. După trecerea acestui timp, se suflă ușor pentru îndepărtarea surplusului de pulbere și se efectuează examinarea piesei într-o cameră obscură, cu o lampă emițătoare de raze ultraviolete.

Această metodă de control poate da și unele indicații privind adîncimea fisurilor, în funcție de timpul în care apar dîrele fluorescente în locurile în care există fisuri.

În cele ce urmează se indică unele rețete de soluții fluorescente care pot fi utilizate:

a) petrol lampant 500 ml; benzină 230 ml; ulei de transformator (de culoare deschisă) 250 ml; colorant fluorescent (defectol verde-auriu) 0,25 g;

b) petrol lampant 750 ml; benzen 100 ml; ulei de transformator 150 ml; colorant fluorescent (defectol auriu) 0,2 g;

c) petrol lampant 500 ml; benzină 250 ml; ulei de transformator 250 ml; antracen 50 mg;

d) petrol lampant 550 ml; benzină 150 ml; ulei de transformator 300 ml;

3.4. Capele de generator cît și inelul de probă se supun, de asemenea, unor controale defectoscopice cu ajutorul razelor X sau γ, precum și controlului ultrasonic.

Aceste controale defectoscopice sînt destinate a indica prezența unor defecte interioare, ca fisuri, suprapuneri de material, neomogeneități datorită unei prelucrări la cald necorespunzătoare etc.

3.5. După efectuarea tuturor controalelor menționate, se prelevează din inelul de probă epruvete de tracțiune și de reziliență tangențiale, efectuîndu-se încercările mecanice respective.

Caracteristicile mecanice obținute trebuie să se încadreze în valorile prescrise, arătate la pct. 2.2.

3.6. Paralel cu efectuarea încercărilor mecanice se efectuează analize metalografice pe probe longitudinale și transversale, decupate din inelul de probă.

Evidențierea la aceste analize a unor microfisuri, a unor neomogeneități structurale în diversele zone, a unei granulații foarte mari, a unor separări intense de carburi la marginile grăunțelor de austenită etc. — defecte care se reflectă de cele mai multe ori în caracteristici mecanice nesatisfăcătoare — duce la rebutarea pieselor respective.

4. Avarieri de cape de generator

În cele ce urmează se arată un caz foarte caracteristic de avariere gravă, petrecut în străinătate, în cursul exploatării unor cape de generator, precum și o serie de defecte, de asemenea foarte caracteristice, întîlnite în R.P.R, care au putut fi detectate din timp, evitîndu-se astfel unele avarii. Defectele descoperite în R.P.R. la cape de generator se referă atît la cape care au funcționat mult timp și la care s-au constatat defecte la opririle pentru reparații capitale, cît și la cape noi, cînd defectele s-au constatat cu ocazia verificărilor efectuate la fazele de fabricație.

4.1. *Un caz caracteristic de avariere gravă a capelor la turbogeneratoare în exploatare.* În 1955 a avut loc o explozie de capă la un turbogenerator montat într-o centrală din Africa de Sud, antrenat de o turbină radială [2].

Turbogeneratorul avea o putere de 20 MVA, la turația de 1 500 rot/min, și funcționase timp de 71 000 ore, interval în care se realizaseră 236 operații de pornire și 113 încercări de supraturare. Capa, care a rămas pe axul generatorului, prezenta o crăpătură prin două găuri de ventilație.

În urma cercetării avariei s-a stabilit ca avarierea a fost produsă de această crăpătură. S-a scos în evidență faptul că ruptura are o natură de fragilitate, observîndu-se în plus numeroase fisuri, atît pe interiorul cît și pe exteriorul capei, care formau o rețea fină. Fisurile se ramificau în diferite direcții, dar arătau o tendință generală de răspîndire axială. Celelalte trei cape ale generatorului (generatorul este format din două rotoare), care nu s-au avariat, prezentau de asemenea numeroase fisuri.

Oțelul austenitic al capelor era de tipul cu nichel, avînd următoarea compoziție : $C = 0{,}6 - 0{,}7\%$, $Si = 0{,}4\%$, $Mn = 8\%$, $Cr = 4\%$, $Ni = 8\%$.

Pentru a se stabili cauza numeroaselor fisuri din cape, s-au întreprins cercetări amănunțite în legătură cu originea, adîncimea, natura și dezvoltarea în material a fisurilor.

Cercetările efectuate cu această ocazie, precum și la alte cape care prezentau fisuri, au scos în evidență că ele se datorau unei coroziuni de tensiune, propagîndu-se intercristalin, așa cum se poate vedea în figurile 4 *a*, 4 *b* și *4 c*. Adîncimea unor astfel de fisuri a fost de circa 10–12 mm.

Pentru a se determina mediul în care se favorizează și se dezvoltă această coroziune de tensiune s-au făcut diferite analize chimice.

Printre alte medii corosive s-a întrebuințat și o soluție de nitrat de calciu-amoniu (36% nitrat de calciu și 3% nitrat de amoniu, avînd punctul de fierbere la 105°C).

Rezultatul a fost foarte interesant, și anume : toate oțelurile cunoscute pentru confecționarea capelor au arătat formarea fisurilor într-un timp foarte scurt în comparație cu oțelurile-carbon obișnuite. Dezvoltarea fisurilor de coroziune de tensiune a fost pur intercristalină. S-a arătat, de asemenea, că coroziunea de tensiune poate să aibă loc și într-o soluție foarte diluată de nitrat de calciu-amoniu.

Cercetarea cauzelor care duc la formarea nitraților la generatoare a arătat că acestea se datoresc efectului corona și mai cu seamă ozonului și oxidării nitraților, care decurg din acest efect.

Analizele chimice ale capei avariate și ale altor cape nu au indicat însă prezența nitraților. Din această cauză s-au examinat locurile reci ale generatorului (răcitoarele de aer), constatîndu-se o mare cantitate de nitrați, fapt care a clarificat cauza ruperii capei.

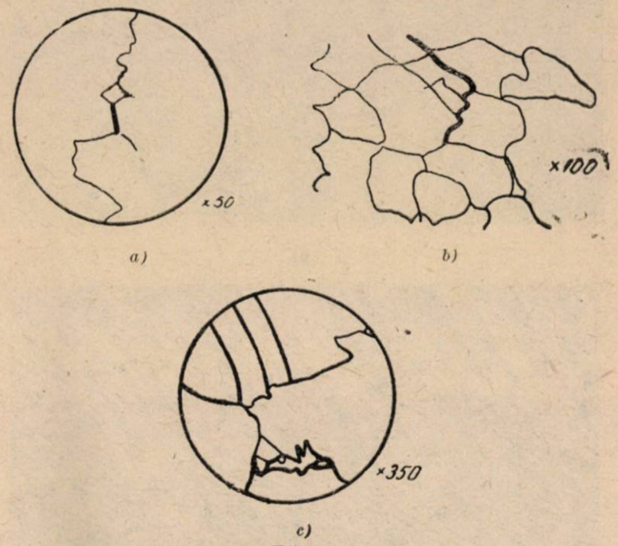


Fig. 4.

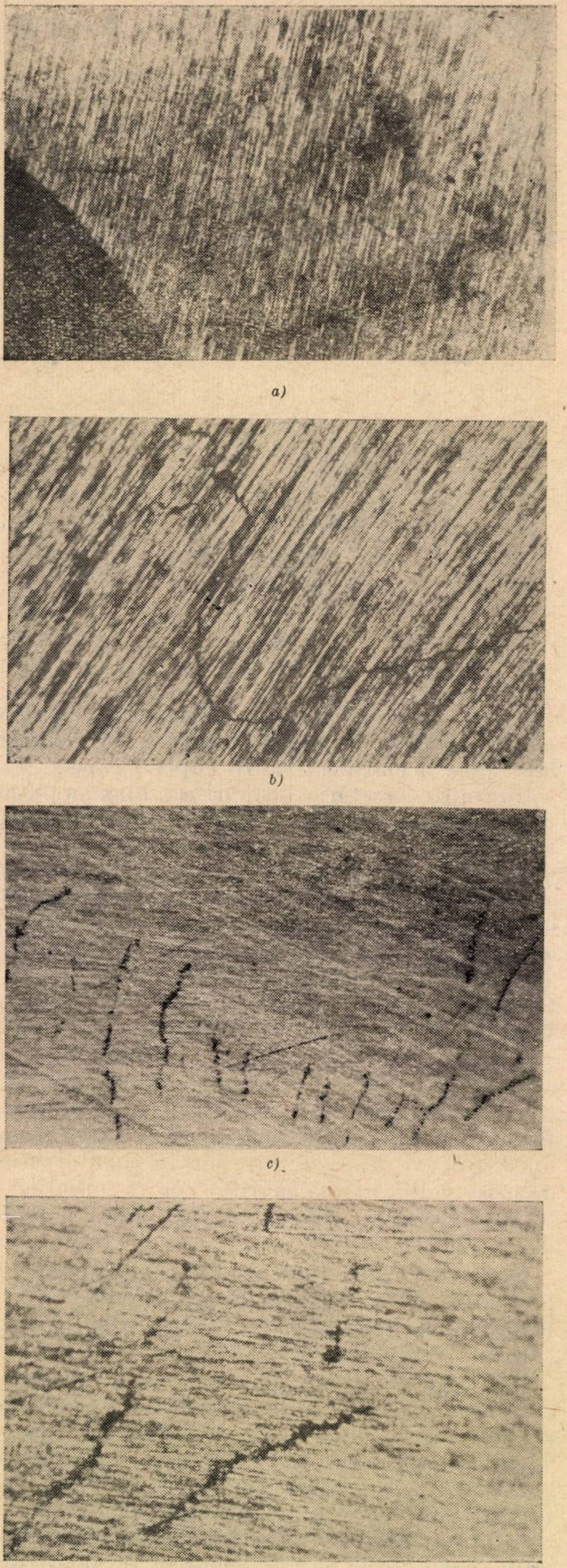
Cu toate cercetările întreprinse, nu s-au putut trage însă concluziile privind depunerile nitraților în cantități mai mari la un agregat și mai reduse la celelalte agregate din aceeași centrală. De asemenea nu s-a putut determina de ce avaria s-a produs numai la un singur agregat, și nu și la celelalte.

Această avarie a indicat însă unele măsuri tehnologice și de exploatare care trebuie luate împotriva coroziunii de tensiune.

Astfel, este necesar să se elimine efectul corona. Găurile de ventilație produc concentrări de tensiuni care favorizează coroziunea. Eliminarea găurilor reduce în primul rînd riscul unei rupturi de fragilitate, iar în cazul avariei descrise eliminarea găurilor de ventilație a produs numai o ridicare relativ mică a temperaturii rotorului.

Materialul din care se fac capele trebuie prelucrat la temperatură joasă (circa 400°C), pentru a se evita formarea carburilor în spațiile intercristaline. Capele trebuie detensionate.

4.2. *Defecte caracteristice la cape de generator descoperite în R.P.R. la controalele efectuate cu ocazia opririi unui grup.* Un caz interesant de defectare a capelor s-a produs cînd la un generator din centrala Timișoara s-a constatat o rețea de fisuri pe suprafețele de fretare a capelor și fisuri pornind din găurile de ventilație. Este vorba de un generator de fabricație Siemens-Schukert, cu o putere aparentă de 7 750 kVA, la 3 000 rot/min. Acest generator



a)

b)

c)

d)

Fig. 5.

a fost montat în 1937 și a funcționat pînă în 1958 la turația de 2 520 rot/min, corespunzătoare frecvenței de 42 Hz.

După trecerea la turația de 3 000 rot/min, corespunzătoare frecvenței de 50 Hz, turație pentru care a fost executat generatorul de fabrica constructoare, s-au constatat, după circa 1 an de funcționare, unele deplasări ale capelor în direcție axială.

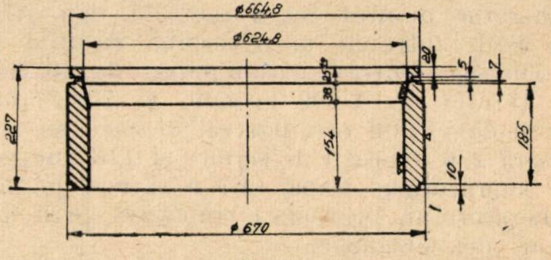


Fig. 6.

Cu ocazia analizei cauzelor care au provocat aceste deplasări și a unor fenomene de vibrații care s-au produs în timpul funcționării turbinei, s-a constatat, la o examinare cu lupa a suprafețelor de fretare și a restului suprafețelor capei, o serie de fisuri, care în unele locuri constituiau o adevărată rețea.

Ca și la avaria descrisă anterior, rețeaua de fisuri era destul de fină, iar fisurile se propagau intercristalin.

În figurile 5 *a* și 5 *b* se pot observa fisuri pornind de la o gaură de ventilație a capei, iar în figura 5 *c*, *d* – fisuri pe suprafețele de fretare.

Constructiv, capa era realizată conform figurii 2, *a*. Deoarece acest caz de defectare a capelor se întîlnea pentru prima dată la un generator din exploatarea Departamentului energiei electrice, iar pe de altă parte cunoscînd avariile produse de explozia capelor la centrale din străinătate, s-a căutat să se analizeze cît mai în detaliu cauzele probabile ale apariției fisurilor.

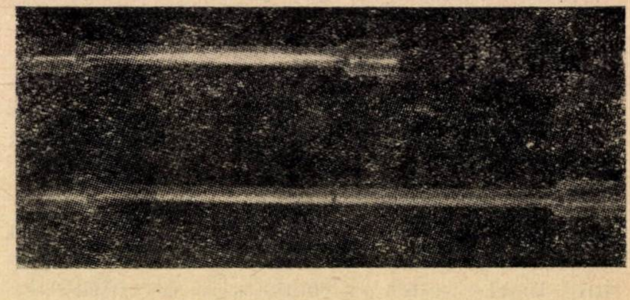


Fig. 7.

Deși nici în acest caz, ca și în cazul avarierii capelor din străinătate arătat la pct. 4.1, nu s-a putut trage o concluzie certă asupra cauzelor care au dus la fisurarea capelor respective, se presupune că și în cazul defectelor descoperite la capele din centrala electrică Timișoara, cauza fisurării este coroziunea de tensiune. De asemenea, desele demontări și montări ale acestor cape în cursul exploatării au dus la apariția unor tensiuni suplimentare în material, care au contribuit la producerea și dezvoltarea fisurilor.

Fig. 8.

Măsura finală după analizarea acestui caz a fost înlocuirea capelor fisurate cu altele noi.

4.3. *Defecte constatate la controlul pe faze de fabricație a unor cape de generator.* În cursul prelucrării, în 1959, a două cape de generator pentru o turbină de 4 MW din centrala Grozăvești, s-au constatat, la controalele defectoscopice, la analizele metalografice și la încercările mecanice, unele defecte și caracteristici necorespunzătoare. Se menționează că în acest caz unele defecte ar fi putut rămîne nedescoperite dacă nu s-ar fi efectuat în întregime toate verificările și determinările posibile. Interpretarea calității capelor, după marea majoritate a rezultatelor corespunzătoare, ar fi putut duce la o concluzie greșită în ceea ce privește calitatea materialului și deci la posibilitatea unor avarii grave în cursul exploatării. Pentru acest motiv este necesară efectuarea în întregime a tuturor determinărilor și controalelor necesare.

În cazul descris în cele ce urmează, toate caracteristicile mecanice au fost corespunzătoare, cu excepția limitei de curgere, care nu a putut fi stabilită decît cu ajutorul diagramei din figura 9. De asemenea, controlul cu raze γ nu a scos în evidență defecte. Numai controlul ultrasonic a semnalat defecte, a căror natură a fost determinată prin numeroase analize metalografice, efectuate în diverse zone ale inelelor de probă.

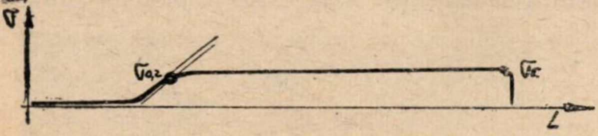


Fig. 9.

Calitatea materialului acestor cape a fost crom-nichel-mangan, cu compoziția următoare :

	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
%	0,68	8,88	0,26	2,5	9,12	0,014	0,009

Inelul forjat, cu dimensiunile : Ø 695/560 mm, $h = 260$ mm, a fost supus unui tratament termic de recoacere, călire și revenire, indicat în diagramele întocmite de uzina constructoare (fig. 10, 11, 12).

Ulterior s-a aplicat o detensionare finală prin încălzire la temperatura de 200° timp de patru ore și răcire în aer.

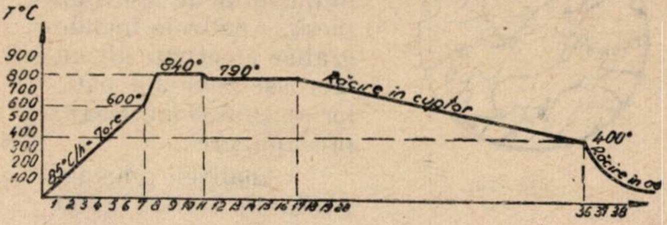


Fig. 10.

Tratamentele termice s-au executat în cuptoare electrice.

După detensionarea capelor s-au efectuat :

— Verificarea tensiunilor interne, care au fost găsite admisibile.

— Determinările de durități Brinell, ale căror rezultate sînt menționate în tabelele 1 și 2.

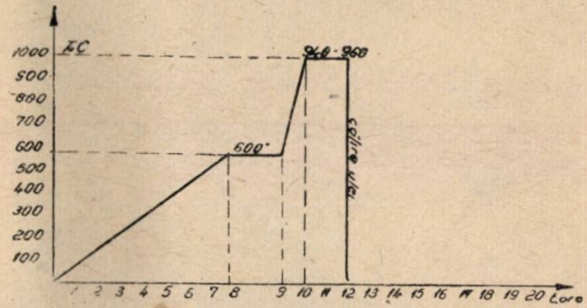


Fig. 11.

— Controalele macroscopice, care au fost corespunzătoare.

— Controlul defectoscopic cu raze γ, cu precizie de 2,2%, care nu a evidențiat nici un defect.

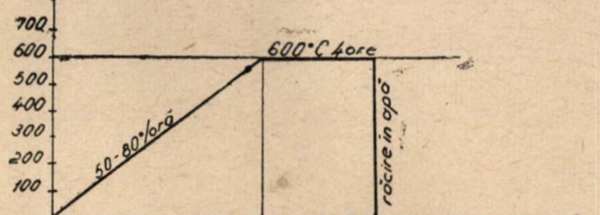


Fig. 12.

— Controlul defectoscopic cu aparatul ultrasonic, care s-a efectuat prin metoda ecoului la frecvența de 2,5 MHz, în direcția generatoarelor capelor. La acest control s-a observat neapariția completă a impulsului de fund pe circa jumătate din circumferințele capelor, fără ca între impulsul de intrare și cel de fund să apară impulsuri de defect. Indicațiile controlului ultrasonic au presupus existența unei neomogeneități structurale și a unei granulații foarte mari în zonele în care s-a constatat neapariția completă a impulsului de ieșire din piesă. Analizele metalografice efectuate din numeroase zone ale pieselor au confirmat această presupunere.

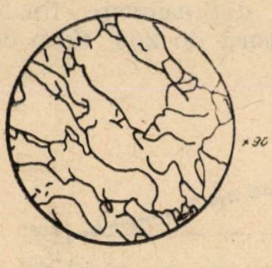


Fig. 13.

— Analizele metalografice au indicat în anumite zone o granulație extrem de mare, cu separări intense de carburi la marginea grăunților, așa cum se vede în figurile 14, 15, 16, 17 și 18. Aceste microstructuri corespund în general cu zonele în care controlul ultrasonic a indicat neapariția impulsului de ieșire din piesă.

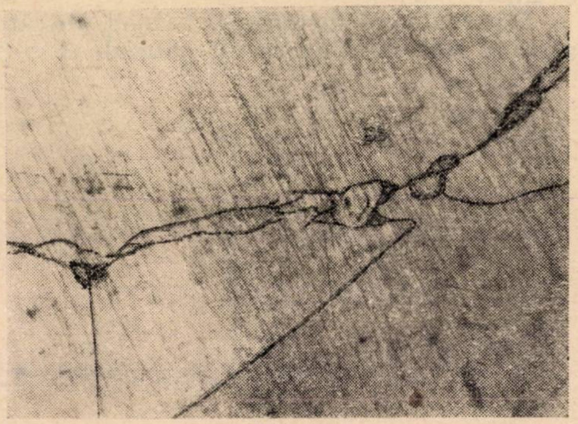


Fig. 14.

În figurile 19 și 20 se observă, de asemenea, o granulație foarte mare, însă fără separări de carburi la marginea grăunților.

În figura 21 se observă o zonă de tranziție, cu granulație mult mai mică și fără separări de carburi la marginea grăunților.

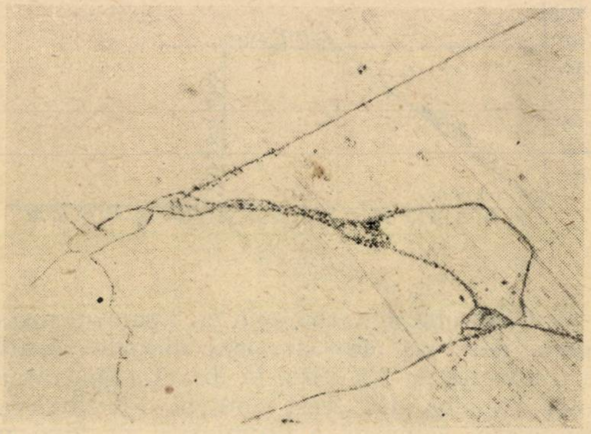


Fig. 15.

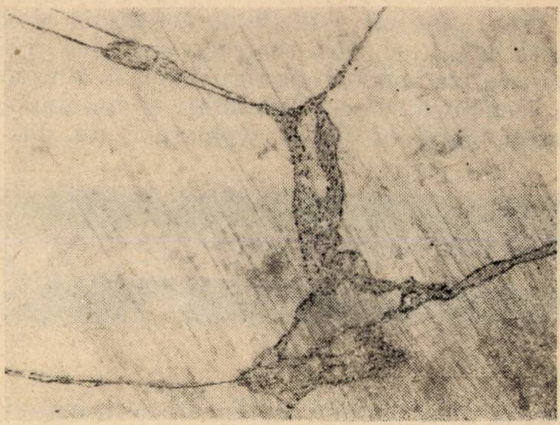


Fig. 16.

Microstructurile din figurile 14—21 arată clar că neomogeneitatea materialului capelor a dus la posibilitatea stabilirii naturii defectului indicat de controlul ultrasonic.

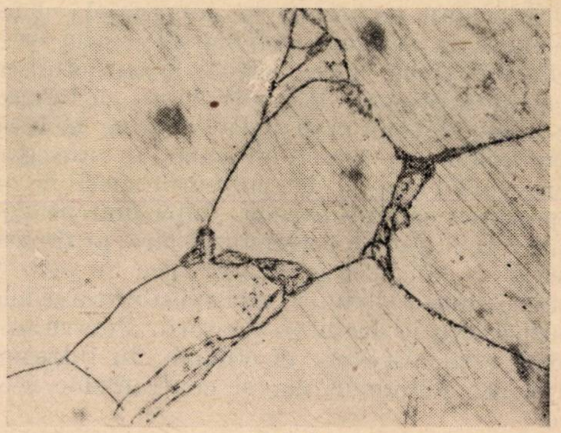


Fig. 17.

Acest caz de control complex, în care indicațiile cu totul neobișnuite ale controlului ultrasonic au putut fi explicate printr-un control metalografic al microstructurii din diversele zone ale inelului de probă, este deosebit de interesant, arătînd totodată necesitatea efectuării de controale și analize complexe pentru stabilirea calității materialului pieselor supuse

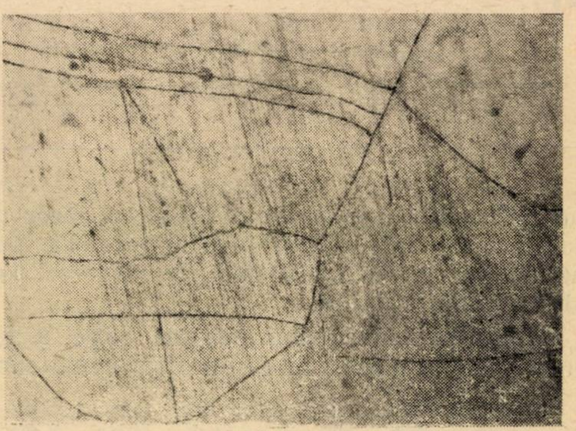


Fig. 18.

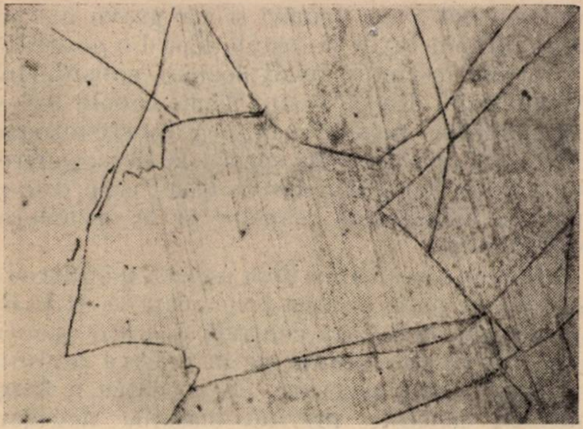


Fig. 19.

la solicitări importante, cum sînt capele de generator.

Pentru a putea înțelege mai bine microstructurile anormale ale materialului, arătate în figurile 14—21, se consideră indicat să se compare aceste microstructuri cu structura normală, din figura 13, a unui oțel austenitic de compoziție asemănătoare, la aceeași mărime.

Se relevă faptul că, dacă în acest caz s-ar fi limitat probele la a efectua numai un singur control defectoscopic cu raze γ, care nu poate evidenția acest gen de defect (neomogeneitatea materialului), nu s-ar fi desprins de aici necesitatea efectuării numărului mare de analize metalografice din diversele zone ale inelului de probă și deci nu s-ar fi putut stabili acest defect de material, care ar fi putut duce la avarii deosebit de grave în cursul exploatării capei.

— Încercările mecanice tangențiale de tracțiune și reziliență, efectuate pe epruvete decupate din inelele de probă, au dat rezultate corespunzătoare, cu excepția limitei de curgere, determinată cu ajutorul diagramei din figura 9.

În tabelele 1 și 2 se indică rezultatele încercărilor mecanice efectuate la cele două cape. Se observă din aceste valori că, în afară de limita de curgere, care este de 36,8, respectiv 39,5 kfg/mm^2, față de 70 kgf/mm^2, celelalte caracteristici mecanice au fost corespunzătoare.

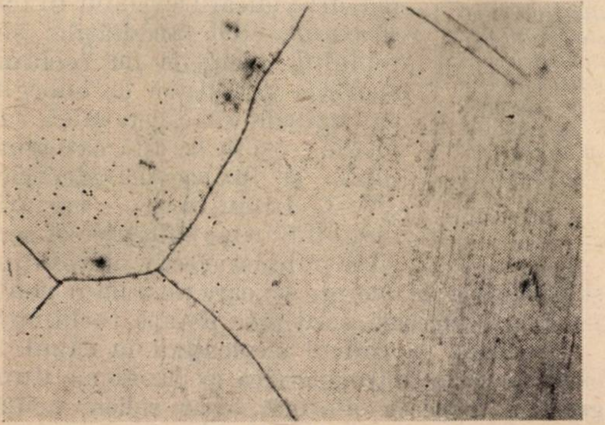


Fig. 20.

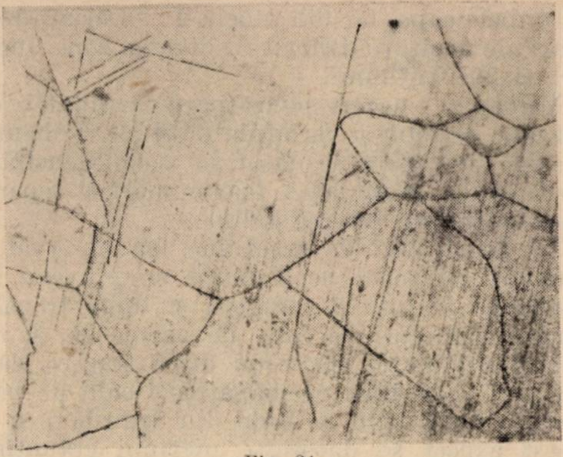


Fig. 21.

Se remarcă, de asemenea, din tabela 2 variații mari ale rezilienței, cuprinse între 14,3 și 21,9 kgm/cm^2, valori foarte mari ale alungirii

Tabela 1

Nr. crt.	Caracteristici mecanice	H_B	σ_r	σ_c	δ, %	φ	K
1	Caracteristicile mecanice prescrise		90	70	25		30
2	Caracteristicile mecanice ale epruvetelor din inel		80	39,5	41	33	22,5
3	Duritatea pe capă, după tratament	211					
4	Verificarea durității pe capă, după tratament	215					
5	Duritatea în diferite puncte ale capei	235 ÷ 260					

Tabela 2

Nr. crt.	Caracteristici mecanice	H_B	σ_r	σ_c	δ, %	φ	K
1	Caracteristicile mecanice prescrise		90	70	25		30
2	Caracteristicile mecanice ale epruvetelor din inel		82,6	36,8	45	36	
3	Valoarea rezilienței în diferite regiuni ale inelului						14,3 ÷ ÷ 21,9
4	Duritatea pe capă, după tratament	24					
5	Duritatea pe inelul capei, după tratament	207 ÷ 209					

la ambele cape, iar din tabela 2 — variații mai mari ale durității Brinell în diverse zone, între 211 și 260 kgf/mm^2.

Valoarea necorespunzătoare a limitei de curgere, precum și variațiile mari ale rezilienței și ale durităților se datoresc neomogeneității structurale, granulației foarte mari și separărilor de carburi intercristaline.

La încercarea de tracțiune s-a observat o alungire cu totul neobișnuită a epruvetei de tracțiune înainte de tragere și după tragere. Foarte caracteristic este, de asemenea, și aspectul suprafeței epruvetei după tragere, care prezintă asperități asemănătoare cojii de portocală, după cum se vede din figurile 7 și 8. Acest aspect se datorește mărimii grăunților de austenită și alunecării lor.

Concluzii

Din examinarea cazurilor arătate se desprinde în primul rînd necesitatea imperioasă de a se efectua controale periodice în timpul exploatării capelor de generator, în scopul prevenirii avariilor.

Capele de generator, fiind elemente deosebit de importante și supuse la solicitări mari, trebuie controlate periodic.

Avarierea lor prin rupere duce la distrugerea bobinajului și a unei părți din fierul generatorului, putînd avea urmări și mai grave asupra întregului generator și instalațiilor din centrală.

Controlul periodic în exploatare, considerînd că materialul din care sînt făcute capele a fost corespunzător ales de fabrica constructoare, trebuie să se refere în special la descoperirea fisurilor sau începuturilor de fisuri, care duc în final la distrugerea capelor și la avarierea generatorului.

Deoarece necesitatea unor asemenea controale periodice se pune pentru prima dată în R.P.R., este necesar ca fiecare centrală să dea o atenție deosebită acestor controale în vederea acumulării experienței necesare, cît și pentru a trage concluzii concrete privind măsurile necesare în cazul grupurilor care au un număr mare de ore de funcționare de la darea în exploatare.

Bibliografie

[1] Sicikov, M. F. *Metalli v turbostroenii.* Mașghiz, Moscova, 1954.

[2] Lissner, O. *An interesting case of stress corrosion.* ASEA Journal, nr. 5, 1961, p. 85—91.

[3] Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. vol. 169, nr. 29, 1955.

[4] Kellenberger, W. *Sur le calcul de la résistance mécanique de frettes de turboalternateurs.* Revue Brown Boveri, nr. 3, 1958, p. 113—127.

[5] Piotrovski, L. M. *Mașini electrice.* Editura energetică de stat, București, 1953.

Probleme de exploatare la o centrală hidroelectrică cu acumulare mare și derivație

Ing. S. N. Radu

Dată fiind importanța din ce în ce mai mare pe care o capătă centralele hidroelectrice cu acumulare în acoperirea zonei de vîrf a curbelor de sarcină ale sistemului nostru energetic, un schimb larg de vederi între specialiștii din acest domeniu ar fi deosebit de bine venit. În acest scop se publică, în vederea discuției, un prim articol privind această problemă, redacția solicitînd din partea specialiștilor luări de poziție, ținînd seamă atît de rezultatele obținute pînă în prezent cît și de evoluția probabilă a curbei de sarcină în viitor, de realizarea de centrale în cascadă în aval etc.

În țara noastră, pînă la elaborarea planului de electrificare, inițiat de partid și guvern, astfel de probleme nu se puneau, deoarece nu existau asemenea centrale.

În prezent, o dată cu darea în exploatare a marelui lac de la Bicaz, a celorlalte centrale de pe Bistrița, Argeș etc., problema întocmirii unor planuri de exploatare corespunzătoare se pune din ce în ce mai mult.

În acest scop, în articolul de față se analizează ce metodă de regularizare trebuie adoptată pentru exploatarea lacului de acumulare Bicaz, urmărindu-se asigurarea unei economicități maxime pe ansamblul sistemului energetic.

Una dintre metodele utilizate este aceea a specialistului sovietic prof. dr. A. A. Morozov.

Cu ajutorul ei se poate întocmi pentru exploatare „graficul dispecer" al lacului de acumulare, care asigură pe viitor funcționarea centralei hidroelectrice cu anumite debite regularizate minime în perioadele de ani secetoși.

Conform graficului dispecer, în anii ploioși debitul consumat de centrala hidroelectrică crește pe măsura ridicării nivelului în lac, și atunci cînd necesitățile sistemului energetic nu reclamă sporirea producției de energie. La uzinele cu cădere mică sau medie — și în această categorie intră și uzina hidroelectrică „V. I. Lenin-Bicaz — variația nivelului în lac influențează sensibil puterea efectiv disponibilă și producția de energie pe care centrala o poate produce cu aceeași cantitate de apă turbinată.

De aceea, în cadrul exploatării în cazul în care centrala hidroelectrică ar funcționa după graficul dispecer amintit, s-ar ridica următoarea problemă esențială:

Sîntem la începutul perioadei viiturilor de primăvară, de exemplu în zona IV (fig. 1). Pe măsură ce nivelul crește în lac și trecem dintr-o zonă în alta, va trebui să creștem și debitul consumat de centrală, chiar dacă necesitățile sistemului energetic nu o cer.

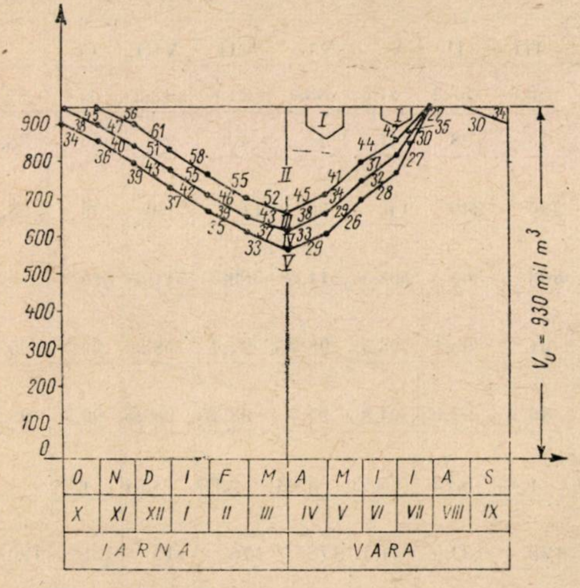
În acest caz nu este oare mai economic să consumăm un debit de apă strict necesar pentru acoperirea curbelor de sarcină ale sistemului energetic, iar surplusul de apă să-l acumulăm în lac și să-l consumăm la cote cît mai ridicate pentru a avea un surplus de putere și energie?

În special la această întrebare vom căuta să răspundem în cele ce urmează, făcînd în acest sens și unele propuneri.

Vom analiza funcționarea centralei hidroelectrice în trei variante, pentru anul cu asigurare 75%, după care se planifică energia anuală a centralelor hidroelectrice, și încă în două variante, pentru un an ploios cu asigurare de 25%.

— Variantele I și IV. Funcționarea centralei hidroelectrice după graficul dispecer clasic în anii cu asigurare 75 și 25%.

— Varianta II. Funcționarea centralei hidroelectrice în zona vîrfului de sarcină, cu un număr de ore de utilizare mai mare ca în varianta I pentru anul cu asigurare 75%.



Zona	Q Iarna	Q Vara
I	Antedeversoare	
II	55	38
III	48	34
IV	40	30
V	36	28

Fig. 1. Graficul dispecer. (Curbele reprezintă debite medii lunare regularizate, m³/s).

— Varianta III. Funcționarea centralei hidroelectrice la partea superioară a vîrfului de sarcină, în anul cu asigurare 75%.

— Varianta V. Funcționarea centralei hidroelectrice în anul cu asigurare 25%, după „graficul de exploatare" propus.

În toate variantele s-a considerat că o porțiune mică din vîrful propriu-zis al curbelor de sarcină va fi acoperită de centrale hidroelectrice cu acumulare mică. Acestea nu intră în discuție.

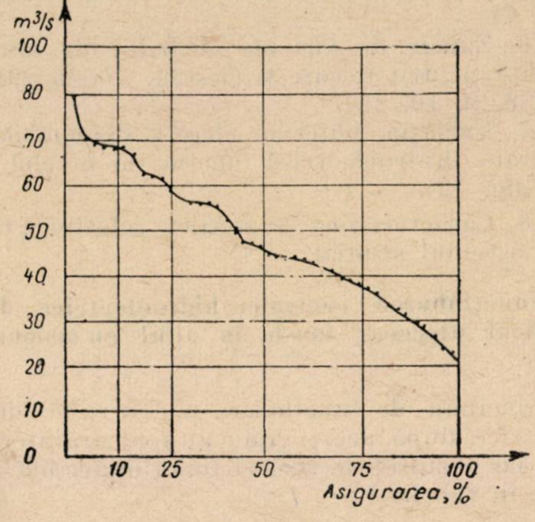


Fig. 2. Curba de asigurare a debitelor medii anuale observate în punctul Bicaz.

1. Premisele care au stat la baza calculelor

1.1. Nu s-a ținut seamă de reparația agregatelor hidroenergetice.

1.2. Curba debitelor medii lunare a anului cu asigurare 75% și 25% are o formă asemănătoare cu curba debitelor medii lunare pe perioada de observații.

1.3. În viitor, limitele extreme ale regimului hidrologic nu vor suferi modificări față de cele din perioada de observație.

1.4. Centrala participă cu toată puterea la acoperirea vîrfului de sarcină, iar rezerva se menține în alte centrale.

1.5. S-au notat în fiecare variantă puterea în procente față de puterea maximă a centralei, hidroelectrice, iar energia, față de energia anuală produsă în varianta III ($P_{Hmax} = 100$ și $E_{H3} = 100$).

2. Curbele utilizate

2.1. „Graficul dispecer" întocmit după metoda clasică.

2.2. Curba de asigurare a debitelor medii anuale (fig. 2).

2.3. Curba integrală a debitelor medii lunare în coordonate oblice, pentru anii :

— cu asigurare 75% (fig. 3);

— cu asigurare 92% (fig. 4);

— cel mai ploios (fig. 5).

Întocmirea acestor curbe s-a făcut după un calcul cifric.

2.4. Curba capacității lacului (fig. 6).

2.5. Hidrografele celor mai mari viituri (fig. 7).

2.6. Zonele de vîrf ale curbelor de sarcină clasate pentru fiecare trimestru, medii zilnice (fig. 8, 9, 10, 11).

2.7. Variația puterilor efectiv disponibile la centrala hidroelectrică funcție de nivelul din lac (fig. 12).

2.8. Caracteristica creșterilor relative a CTE din sistemul studiat.

3. Funcționarea centralei hidroelectrice după graficul dispecer clasic în anul cu asigurare 75%

Principiile de funcționare a centralei hidroelectrice după acest grafic au fost arătate mai sus, iar rezultatele acestei funcționări sînt trecute în tabela 1.

Varianta I *Tabela* 1

Funcționarea după graficul dispecer (clasic)

Nr. crt.	Trimestrul		IV			I			II			III			Suma (media)
	Luna	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	Debit afluent, m^3/s	—	10,5	30,9	17,6	8,1	8,9	59,0	53,2	81,3	83,1	21,6	42,2	35,7	37,7
2	Debit consumat, m^3/s	—	45	40	43	42	39	33	38	41	44	42	27	30	38,6
3	Volum consumat din lac, 10^6 m^3	—	92	115	180	270	350	280	240	140	50	110	30	30	28,4
4	Cota în lac la sfîrșitul lunii, m.d.M	513	510	509,5	507	504	500,5	503	505	508,5	511,5	509,5	511,5	512	—
5	Pef. la sfîrșit de lună, % P^H_{max}	100	97,8	97	95,2	92	88,4	91	93,1	96,5	98,9	97,4	98,9	99,5	95,7
6	Pef. d. medie, % P^H_{max}		98,9	97,4	96,1	93,6	90,2	89,7	92,05	94,8	97,7	98,25	98,25	99,3	95,7
7	Timp de utilizare zilnic, ore/zi		6,06	5,39	5,8	5,66	5,26	4,45	5,12	5,53	5,93	5,66	3,64	4,04	—
8	Timp de utilizare lunar, ore/lună		188	161,5	180	176	147,5	138	153,5	171,5	178	176	113	121	1904
9	Energie produsă, %din E_{H3}		10,30	8,74	9,60	9,15	7,39	6,86	7,84	9,05	9,65	9,60	6,16	6,66	101,00

Variațiile nivelului în lac și puterii efectiv disponibile sînt arătate în figurile 3 *b* și 3 *c*.

4. Funcționarea centralei hidroelectrice în variantele II și III

Funcționarea unei centrale hidroelectrice cu acumulare mare și derivație, la cote ridicate în lac, este condiționată de :

— Problema evitării deversărilor. Dacă este mai economic să se funcționeze la cote ridicate în lac și să avem anumite deversări sau nu, este obiectul altui studiu. Vom considera că nu trebuie să avem deversări ;

— necesitățile sistemului energetic în care funcționează ;

— anumite criterii economice.

4.1. În cazul în care dorim să nu avem deversări, este suficient să se respecte zonele antideversante din „graficul dispecer" (fig. 1), sau, pentru simplificare, aplicînd metoda utilizată în figura 5.

Debitul foarte mare, observat în luna iulie din anul cel mai ploios, a apărut prin suprapunerea unor ploi de lungă durată și a topirii zăpezilor, care au avut loc cu întîrziere.

De aceea pe viitor această zonă antideversantă nu trebuie respectată decît în cazurile speciale cînd în luna iunie rămîn în bazinul de recepție mari cantități de zăpadă netopite.

În ceea ce privește problema deversărilor la viiturile de scurtă durată, ea nu se pune în cazul nostru, datorită faptului că cele mai mari viituri observate (fig. 7) totalizează un volum de circa 180 mil. m^3, din care o parte poate fi turbinată, iar cealaltă parte acumulată în lac între cota maximă de exploatare și cota apelor catastrofale.

4.2. În legătură cu necesitățile sistemului energetic, sau mai bine zis cu acoperirea curbelor de sarcină, se analizează mai jos variantele II și III.

După cum s-a menționat, o porțiune mică din zona superioară a vîrfului curbei de sarcină este acoperită de centrale cu regim de funcționare obligat.

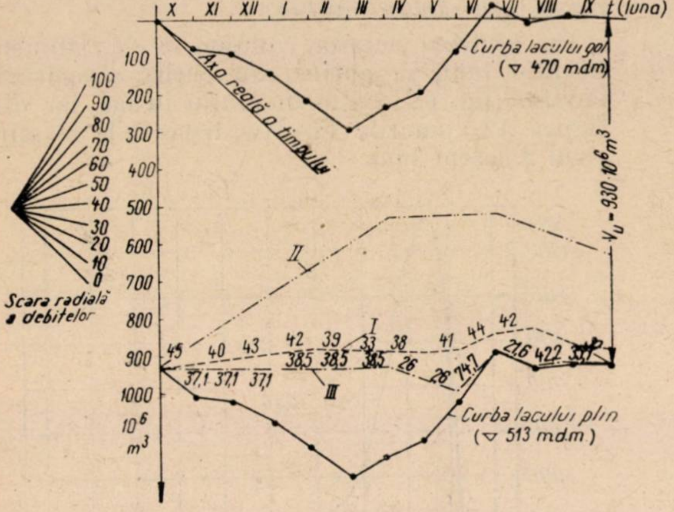


Fig. 3 a. Curba integrală a debitelor pentru anul cu asigurare 75% (1946—1947) (coordonate oblice):
I — funcționare în varianta I; *II* — funcționare în varianta II; *III* — funcționare în varianta III.

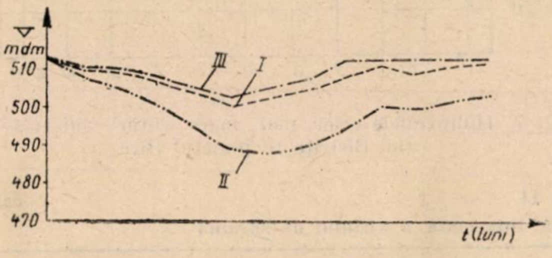


Fig. 3 b. Variația nivelului în lac.

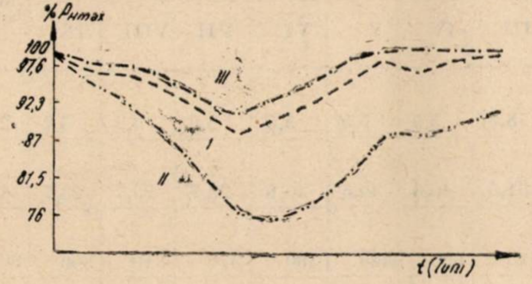


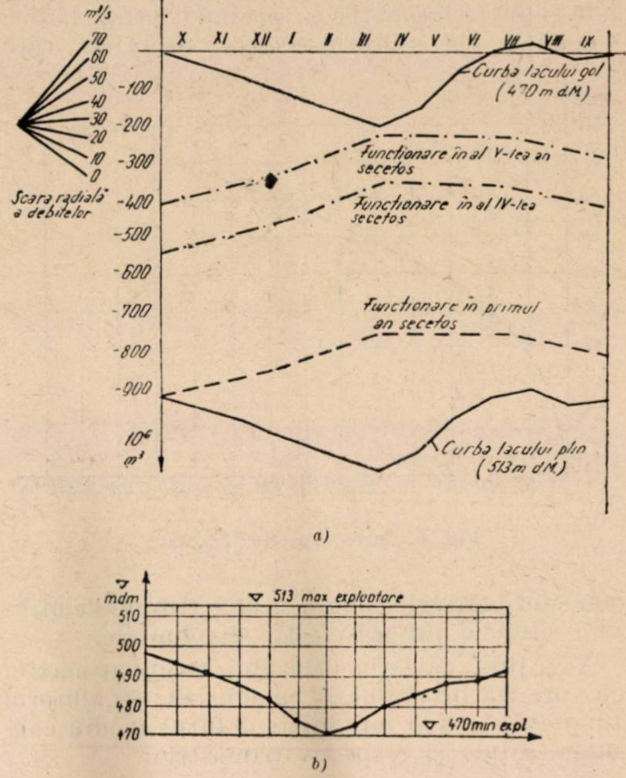
Fig. 3 c. Variația puterii disponibile.

Poziția centralei hidroelectrice în graficul de sarcină, în variantele II și III, este arătată în figurile 8, 9, 10 și 11.

Suprafețele pe care le acoperă centrala hidroelectrică în varianta II sînt mai mari ca cele din varianta III. Din acestă cauză și numărul de ore de utilizare va fi mai mare în varianta II decît în varianta III.

Puterea efectiv disponibilă medie trimestrială a centralei hidroelectrice variază de la un trimestru la altul, funcție de nivelul în lac.

La începutul trimestrului IV, avînd lacul plin, puterea efectiv disponibilă pe centrală este egală cu puterea maximă. La sfîrșitul trimestrului va fi mai mică.



Fg. 4:

a — curba integrală a debitelor medii din perioada cea mai secetoasă (asigurare 92%) (coordonate oblice); *b* — variația nivelului în lac în ultimul an din perioada cea mai secetoasă.

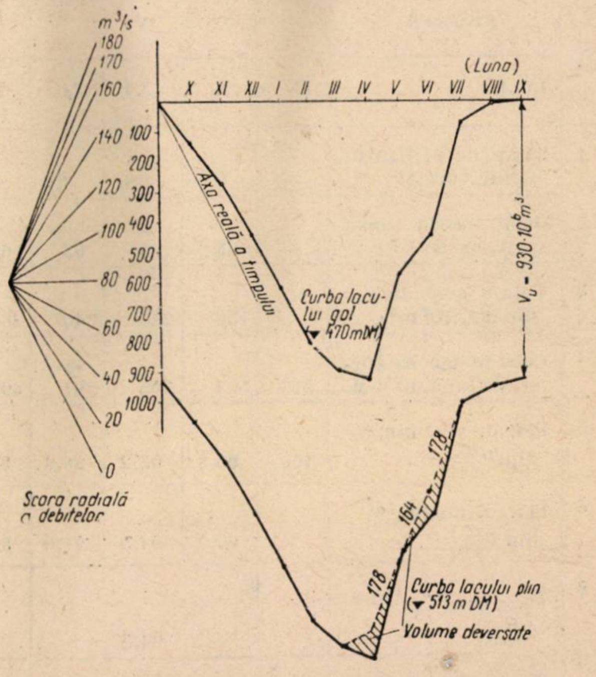


Fig. 5. Curba integrală a debitelor pentru anul cel mai ploios.

Pentru început se ia o medie trimestrială aproximativă și se plasează pe curba de sarcină, în cazul variantei II, mai jos de vîrf cu P_D (MW), iar în cazul variantei III la vîrf.

Se măsoară în cazul fiecărei variante ce suprafață acoperă din curba de sarcină centrala hidroelectrică. Cu ajutorul acestor suprafețe, care reprezintă energii zilnice, se află timpul de utilizare zilnic a puterii efectiv disponibile.

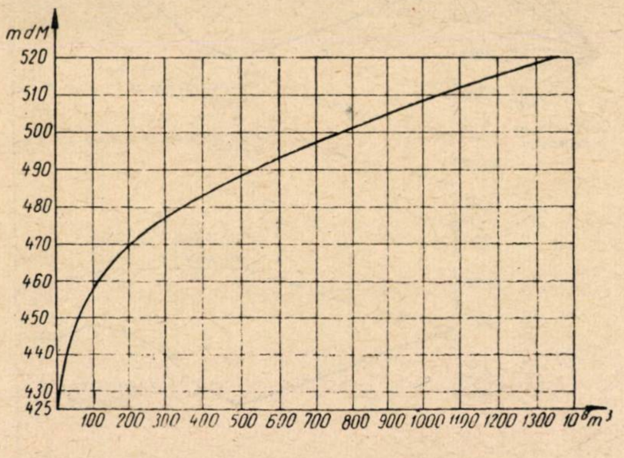


Fig. 6. Curba capacității în lac.

Neglijînd variația debitului turbinat maxim cu variația nivelului, se calculează, cu ajutorul timpului de utilizare aflat, debitul mediu consumat zilnic și respectiv trimestrial.

Pe curba integrală a debitelor, pentru anul cu asigurare 75% (fig. 3), se trasează acest debit obținut conform scării radiale a debitelor, pe cele trei luni ale trimestrului.

Diferența între această dreaptă și curba lacului plin (sau gol) reprezintă volume consumate (sau rămase) în lac.

Cu ajutorul acestor volume de la sfîrșitul fiecărei luni, se obțin, din curba capacității lacului (fig. 6), cotele nivelului în lac, iar din figura 12, puterile efectiv disponibile la sfîrșitul fiecărui luni.

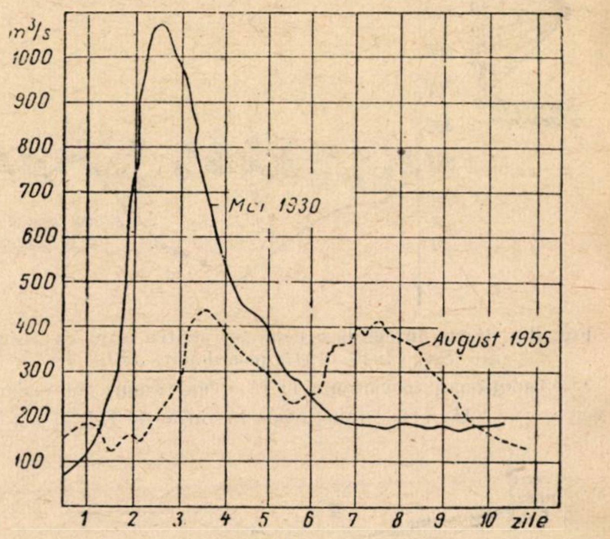


Fig. 7. Hidrografele celor mai mari viituri observate pe rîul Bistrița în punctul Bicaz.

Varianta II

Tabela 2

Funcționarea centralei hidroelectrice la partea inferioară a vîrfului de sarcină

Nr. crt.	Trimestrul		IV			I			II			III			Suma (media)
	Luna	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	Timp de utilizare zilnic, ore/zi	—	8,6	8,6	8,6	8,35	8,35	8,35	5,5	5,5	5,5	3,2	3,2	3,2	2 328
2	Debit mediu consumat, m³/s	—	63	63	63	61,5	61,5	61,5	40,8	40,8	40,8	23,7	23,7	23,7	47,2
3	Volum consumat din lac, 10^6 m³	—	150	220	340	480	620	640	600	490	360	370	310	300	300
4	Cota în lac la sfîrșit de lună, m.d.M.	513	508	505	501	495	489	488	490	494,5	500,5	500	502	503,5	498,5
5	Pef. d. sf. lună, % din P^H_{max}	100	95,8	93,2	88,9	83,1	77,2	76,2	78,3	82,6	88,7	88,2	90,0	91,5	86,5
6	Pef. d. medie, % din P^H_{max}	—	97,9	94,5	91,0	86,0	80,1	76,7	77,3	80,4	85,5	88,4	89,0	90,75	86,5
7	$P^H_{med.\,trim.}$, % din P^H_{max}		94,5			81,0			81,1			89,3			86,5
8	Energia produsă, % din E_{H3}		41,60			33,80			22,58			14,50			112,48

Tabela 3

Varianta III

Funcționarea centralei hidroelectrice la vîrful curbei de sarcină

Nr. crt.	Trimestrul		IV			I			II			III			Suma (media)
	Luna	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	Timp de utilizare zilnic, h/zi	–	5	5	5	5,2	5,2	5,2	3,5	3,5	10,1	2,91	5,7	4,8	1 855
2	Debit mediu consumat, m³/s	–	37,1	37,1	37,1	38,5	38,5	38,5	26	26	74,7	21,6	42,2	35,7	37,7
3	Volum consumat din lac, 10^6 m³	–	80	90	140	220	290	240	160	20	0	0	0	0	0
4	Cota în lac la sfîrșit lună, m.d.M.	513	510,5	510	508,5	505,5	503	505	507,5	512,5	513	513	513	513	509,5
5	Pef. d. sfîrșit lună, % P^H_{max}	100	98,25	97,8	96,5	93,5	91	93,2	95,5	99,5	100	100	100	100	97,1
6	Pef. d. mediu, % P^H_{max}	–	99,1	98	97,2	95	92,25	92,1	94,4	97,5	99,75	100	100	100	97,1
7	Pef. d. med. tr., % P^H_{max}	–	98			93,1			97,2			100			97,1
8	Energia produsă, % $E^{an}_{H_3}$	–	24,90			24,08			28,12			22,90			100

Puterea medie trimestrială va fi :

$$P_{e.\,d.\,med.\,trim.} = \frac{P_0 + 2\,P_1 + 2\,P_2 + P_3}{6}, \qquad (1)$$

unde

P_0 este $P_{e.d.}$ la începutul primei luni din trimestru ;

P_1 — $P_{e.d.}$ la sfîrșitul primei luni din trimestru ;

P_2 — $P_{e.d.}$ la sfîrșitul celei de-a II-a luni din trimestru ;

P_3 — $P_{e.d.}$ la sfîrșitul celei de-a III luni din trimestru.

Dacă $P_{e.\,d.\,med.\,trim.}$ obținută astfel este diferită de $P_{e.\,d.\,med.\,trim.}$ aproximată inițial, se repetă calculul din aproape în aproape, pînă se obțin aceleași valori în ambele cazuri.

În varianta III, în ultimele luni din anul hidrologic se funcționează cu centrala hidroelectrică pe firul apei, întrucît lacul este plin, iar timpul de utilizare a $P_{e.d.}$ rezultat din curbele de sarcină este mai mic decît timpul de utilizare rezultat din debitul afluent.

În aceste luni, centrala hidroelectrică va acoperi o suprafață din curba de sarcină corespunzătoare debitului afluent și $P_{e.d.}$ din liniile respective.

Aceste zone vor fi, în acest caz, la partea inferioară a vîrfului de sarcină, partea superioară fiind acoperită de centralele termoelectrice.

Rezultatele calculului sînt trecute în tabelele 2 și 3, iar reprezentarea grafică este redată în figurile 3*a*, 3*b* și 3*c*.

În tabela 4 s-au trecut rezumativ valorile medii anuale mai importante din variantele I, II și III.

Tabela 4

Nr. crt.	Varianta	I	II	III	IV	V
1	Debit mediu consumat, m³/s	38,6	47,2	37,7	60	60
2	Volum consumat din lac, 10^6m³	28,4	300	0	0	0
3	P^H_{medie}, % din P^H_{max}	95,7	86,5	97,1	97,5	99
4	Energie produsă din debitul afluent, % din E_{H3}	98,45	88,38	100	158	161
5	Energie corespunzătoare volumului consumat din lac, % din E_{H3}	2,55	24,1	0	0	0
6	Energie hidraulică pierdută, % din E_{H3}	1,55	11,62	0	3	0

Energia corespunzătoare volumului consumat din lac s-a calculat cu ajutorul următoarei formule :

$$E_{HL} = \frac{P_H \cdot V}{Q_i\ 3\,600}, \qquad (2)$$

unde :

$$P_H = \frac{P_{med} + P_{max}}{2}, \qquad (3)$$

V este volumul consumat din lac, iar Q_i — debitul turbinat maxim pentru cota medie.

Energia produsă de debitul afluent se obţine scăzînd din energia totală produsă în fiecare variantă energia corespunzătoare volumului consumat din lac.

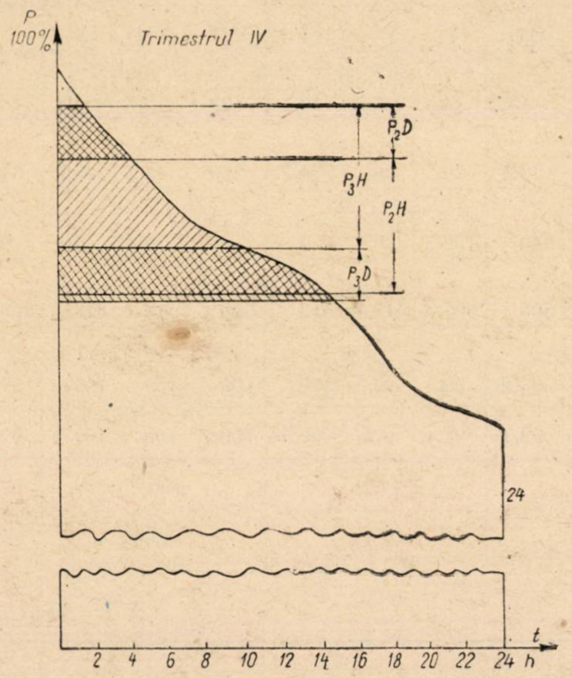


Fig. 8. Încadrarea în curba de sarcină a centralei hidroelectrice – trim. IV.

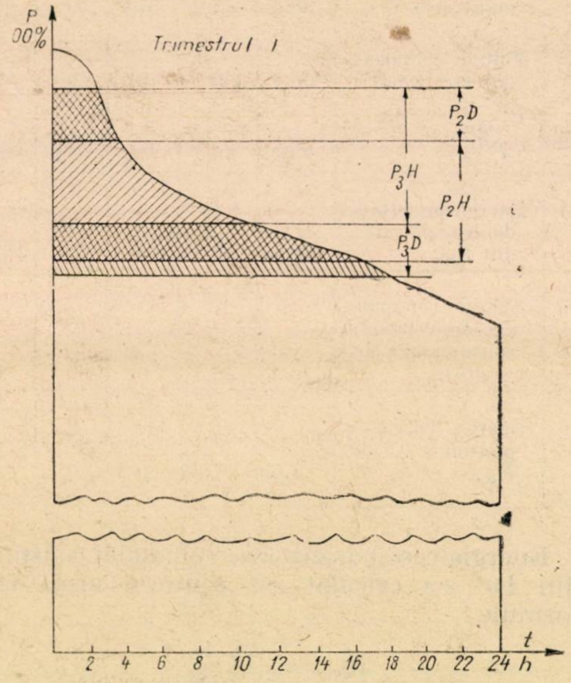
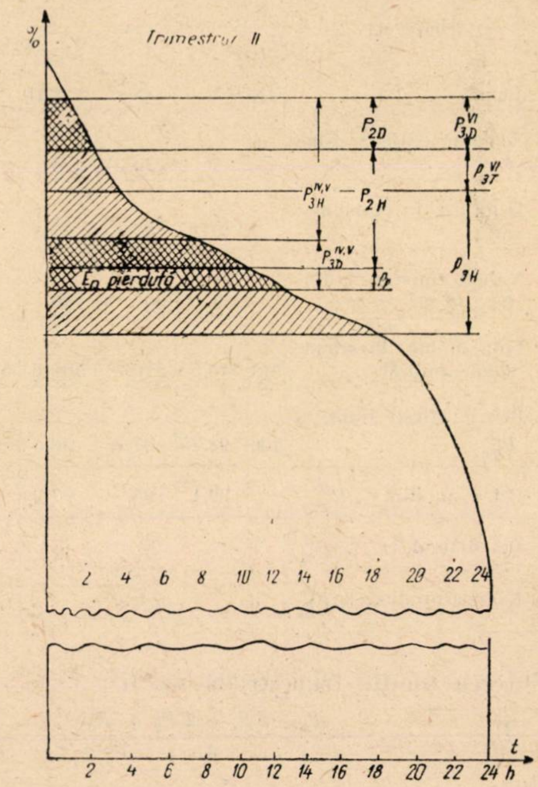


Fig. 9. Încadrarea în curba de sarcină a centralei hidroelectrice – trim. I.

4.3. Criteriul de bază care ne poate demonstra corect dacă o anumită variantă de funcţionare a unei centrale este avantajoasă sau nu este acela al economicităţii maxime pe ansamblul sistemului energetic şi respectiv pe ansamblul economiei naţionale.

Fig. 10. Încadrarea în curba de sarcină a centralei hidroelectrice – trim. II.



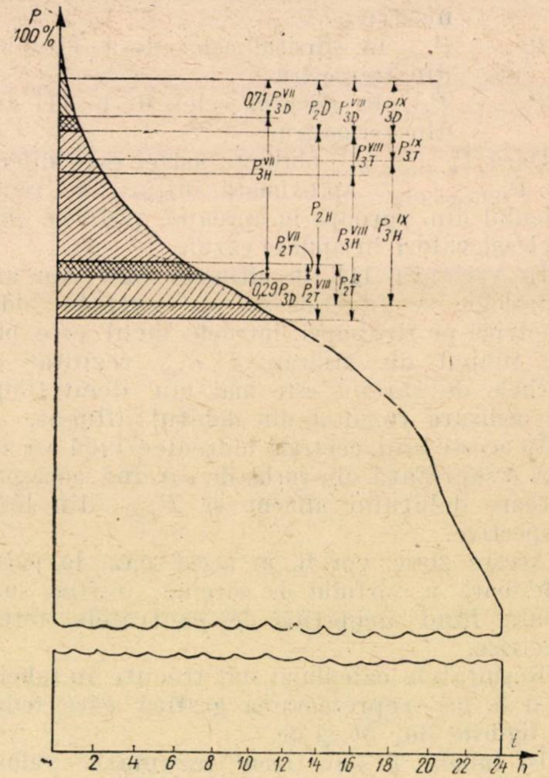


Fig. 11. Încadrarea în curba de sarcină a centralei hidroelectrice – trim. III.

În cazul de față am ales consumul minim de combustibil echivalent pe ansamblul sistemului energetic.

Pentru aceasta se analizează în cele ce urmează rezultatele funcționării centralei hidroelectrice în variantele II și III pentru o zi medie din anul studiat, în cadrul sistemului energetic.

Deoarece în ambele variante considerate centrala hidroelectrică participă la acoperirea graficului de sarcină numai în orele de vîrf, analiza s-a făcut numai pentru aceste ore, și anume pentru numărul de ore rezultat în varianta II, care este mai mare.

Pentru aceasta s-a considerat că sarcina pe centralele termoelectrice rămîne constantă tot timpul funcționării centralei hidroelectrice în varianta III; deci un timp t_{H_3} ore/zi.

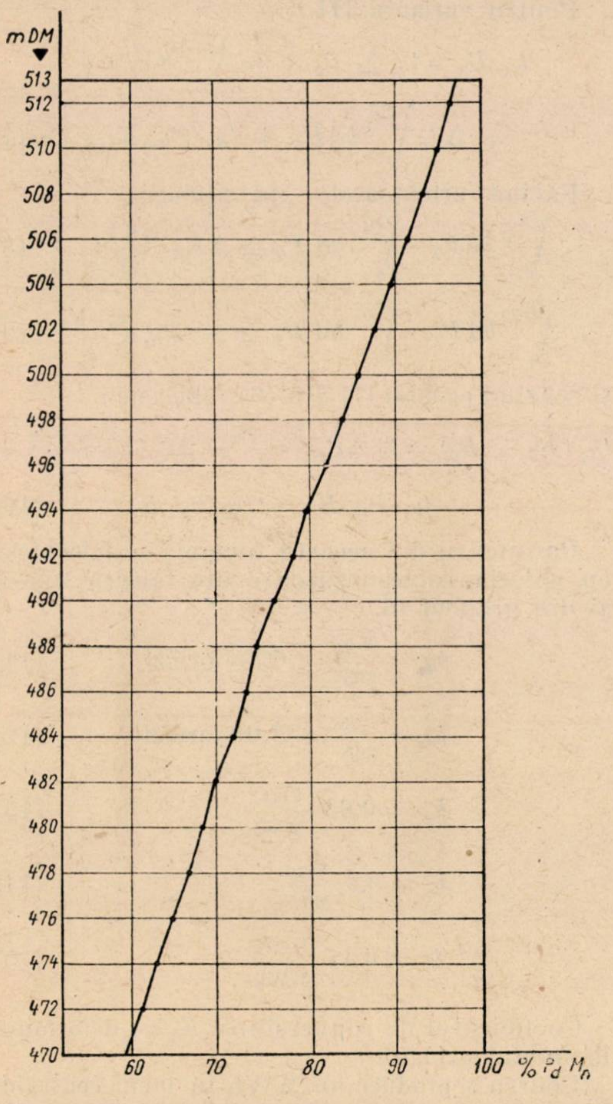


Fig. 12. Variația puterilor disponibile la CHE „V. I. Lenin" – Bicaz.

Timpul de utilizare a hidrocentralei în varianta II este mai mare decît în III cu Δt_H ($\Delta t_H = t_{H_2} - t_{H_3}$).

În această perioadă (Δt_H) sarcina sistemului a scăzut cu puterea centralei hidroelectrice în varianta III (P_{H_3}).

În figura 13 s-a trasat caracteristica creșterilor relative ale consumului de combustibil convențional al CTE din sistem pentru o oră medie de vîrf din anul studiat.

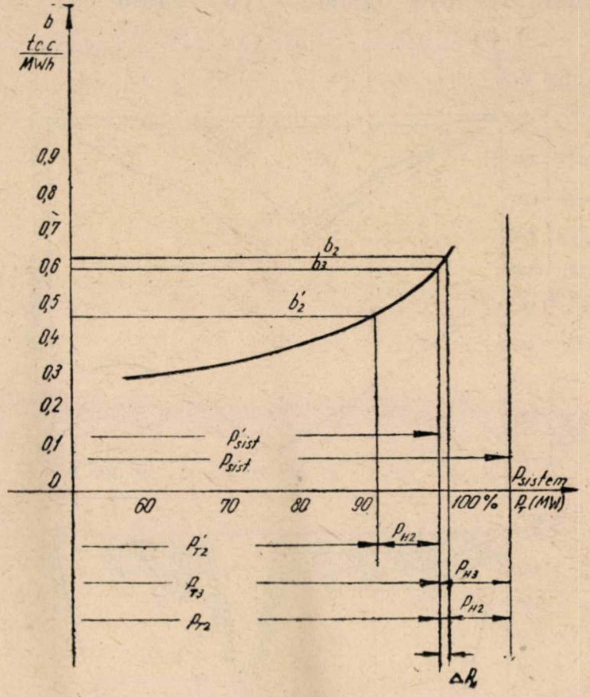


Fig. 13.

Cantitatea de combustibil convențional consumată de CTE din sistem într-o oră poate fi scrisă sub forma:

$$B = \sum B_0 + \int_0^{P_T} b \,\mathrm{d} P_T + \sum_{i=1}^{i=n} P_{Hi} K_i \qquad (4)$$

unde:

$\sum B_0$ este consumul de combustibil convențional la mersul în gol al agregatelor în funcțiune;

P_T — puterea centralelor termoelectrice;

b — creșterea relativă a consumului de combustibil convențional;

P_{H_i} — puterea medie a centralei hidroelectrice i;

K_i — coeficientul de conversiune a centralei hidroelectrice i pentru un consum specific de apă q_i.

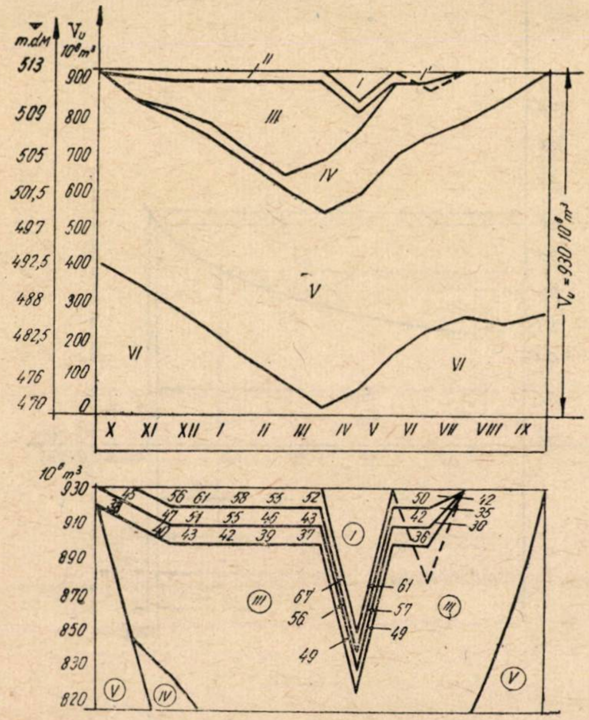
În cazul de față, considerînd sistemul energetic format dintr-o centrală termoelectrică și o centrală hidroelectrică, vom avea:

$$B = \sum B_0 + \int_0^{P_T} b \mathrm{d} P_T + P_H K_H . \qquad (5)$$

Presupunem că puterea totală a CTE din sistem este P_T (MW) și că puterea efectiv disponibilă medie anuală a centralei hidroelectrice în varianta II este 0,08 P_T (MW).

Pe baza celor arătate în tabelele 2 și 3, rezultă că în varianta III P_{H_3} va fi 0,09 P_T (MW).

În acest fel rezultă puterea maximă a sistemului la ora medie de vîrf egală cu 1,08 P_T (MW), iar diferența de putere (ΔP_H) între varianta III și II egală cu 0,01 P_T (MW).



Debite regularizate în zona II (m³/s).

Zona	Ora asig. %	Funcționarea hidrocentralei	Ore/zi Trimestrul			
			IV	I	II	III
I	—	Antideversantă	–	24	–	–
I'	–	Antideversantă în condiții deosebite	–	–	24/3,5	–
II	2 ÷ 25	Normală	După graficul dispecer			
III	25 ÷ 75	Normală	5,0	5,2	3,5	2,3
IV	75 ÷ 90	Normală				
V	90 ÷ 100	Excepțională				
VI	90 ÷ 100	Nejustificată				

Fig. 14. Graficul de exploatare hidroenergetică.

Aplicînd aceste valori în figura 13, vom putea trage următoarele concluzii:

Timp de t_{H_3} ore/zi, cît a funcționat centrala hidroelectrică în varianta III, centralele termoelectrice au funcționat la o putere constantă egală cu P_{T3} (MW) și cu P_{T2} (MW) în varianta II.

Sistemul în această perioadă a avut o putere de 1,08 P_T (MW). După această perioadă, un timp de Δt_H (ore/zi), puterea sistemului a scăzut cu P_{H_3}, adică a ajuns la 0,99 P_T (MW).

În acest interval (Δt_H), puterea CTE a rămas constantă în cadrul variantei III.

În cadrul variantei II a scăzut cu P_{H_2} (MW), ajungînd la P'_{T_2} (MW) (fig. 13).

Înlocuind toate acestea în ecuația (5), obținem cantitatea de combustibil echivalent pentru întreg sistemul energetic, în fiecare din cele două variante (II și III) pentru un timp egal cu t_{H_2} ore/zi).

Pentru varianta II:

$$t_{H_2}\cdot B_2 = t_{H_2}\sum B_0 + t_{H_3}\int_0^{P_{T_2}} b\,\mathrm{d}\,P_T + \Delta t_H \int_0^{P'_{T_2}} b\,\mathrm{d}\,P_T + t_{H_2} P_{H_2} K_2. \qquad (6)$$

Pentru varianta III:

$$t_{H_2} B_3 = t_{H_2}\sum B_0 + t_{H_3}\int_0^{P_{T_3}} b\,\mathrm{d}\,P_T + \Delta\, t_H \int_0^{P_{T_3}} b\mathrm{d}P_T + t_{H_3}\cdot P_{H_3}\cdot K_3. \qquad (7)$$

Făcînd următoarele aproximații:

$$\int_0^{P_{T_2}} b\mathrm{d}P_T - \int_0^{P_{T_3}} b\,\mathrm{d}\,P_T \cong \Delta P_H\cdot\frac{b_2+b'_3}{2} \qquad (8)$$

$$\int_0^{P'_{T_2}} b\mathrm{d}\,P_T - \int_0^{P_{T_3}} b\,\mathrm{d}\,P_T \cong -\,P_{H_2}\cdot\frac{b_3+b'_2}{2} \qquad (9)$$

și scăzînd ecuația (7) din (6), obținem:

$$t_{H_2}(B_2 - B_3) = t_{H_3}\Delta P_H\frac{b_2+b_3}{2} - \Delta t_H\cdot P_{H_2}\frac{b_3+b'_2}{2} + t_{H_2}\cdot P_{H_2} K_2 - t_{H_3} P_{H_3} K_3. \qquad (10)$$

Parametrii din această formulă se înlocuiesc cu valorile corespunzătoare din tabelele 2 și 3 și din graficul 13.

$$t_{H_2} = \frac{T_{H_2}}{365} = 6{,}38 \text{ ore/zi} \qquad (11)$$

$$t_{H_3} = \frac{T_{H_3}}{365} = 5{,}08 \text{ ore/zi} \qquad (12)$$

$$b_2 = 0{,}63\ \frac{\text{t c.c.}}{\text{MWh}} \qquad (13)$$

$$b_3 = 0{,}6\ \frac{\text{t c.c.}}{\text{MWh}} \qquad (14)$$

$$b'_2 = 0{,}47\ \frac{\text{t c.c.}}{\text{MWh}}\cdot \qquad (15)$$

Coeficientul de conversiune K_3 se determină în modul următor:

Pentru a produce un MWh în lacul centralei hidroelectrice în cazul variantei III, CTE consumă b_3 (t c.c.). Tot pentru acest MWh se consumă q_3 (m³/MWh), unde $q_3 = \frac{V_3}{E_3}$.

Deci putem considera:

$$K_3 = b_3 = \frac{V_3}{E_3} = 0{,}6\ \frac{\text{t c.c.}}{\text{MWh}}\cdot \qquad (16)$$

Valoarea lui K_2 va fi :

$$K_2 = \frac{q_3}{q_2} K_3 = \frac{V_3}{E_3} \frac{E_2}{V_2} K_3 = 0{,}66 \frac{\text{t c.c.}}{\text{MWh}} \cdot \qquad (17)$$

Înlocuind toate aceste valori în formula (10), obținem :

$$6{,}38\ (B_2 - B_3) = 0{,}0417\ P_T\,(\text{t c.c.}). \qquad (18)$$

Acesta este combustibilul consumat suplimentar în varianta II față de III, pe întreg sistemul energetic într-o perioadă de 6,38 ore/zi. El reprezintă ca energie 15,2% din E_{H_3} (MWh).

Dacă pînă la apariția unui an ploios, în urma căruia se poate umple lacul, trece o perioadă de 3–4 ani (cum se întîmplă de obicei), acest cîștig de energie se menține în tot intervalul acestor ani, ajungînd pînă la 60–70% din producția centralei hidroelectrice pe un an.

Din această analiză a reieșit un lucru foarte esențial, și anume că funcționarea centralei hidroelectrice cu cote mai ridicate în lac (varianta III) aduce, pe lîngă un cîștig de energie în hidrocentrală, și un cîștig de combustibil în centralele termoelectrice din sistemul energetic.

Desigur, o analiză detaliată a fiecărei luni în parte din anul respectiv, sau chiar din întreaga perioadă de observație ar fi fost mai completă ; totuși se poate spune cu suficientă aproximație că aceste rezultate corespund realităților întîlnite în exploatare.

4.4. *Funcționarea centralei hidroelectrice în variantele IV* și *V*. După cum s-a arătat, în aceste variante se va analiza funcționarea centralei hidroelectrice în anul cu asigurare 25%.

Acesta este un an ploios cu un debit mediu anual de 60 m³/s.

Debitele medii lunare ale acestui an s-au considerat proporționale cu mediile lunare multianuale.

În varianta IV, funcționarea centralei hidroelectrice s-a făcut după graficul dispecer clasic, iar în varianta V după graficul de exploatare propus mai jos.

Rezultatele calculului sînt trecute în tabela 4. În varianta V rezultă un cîștig de energie pe centrală de 3% din E_{H_3}, față de varianta IV.

În toate calculele nu s-a ținut seamă de zonele tarifare, întrucît se poate considera că zonele de vîrf ale sistemului energetic studiat sînt cele rezultate din curbele de sarcină, sau cel mult altele proporționale cu acestea.

În acest caz, toată energia produsă suplimentar de centrala hidroelectrică peste numărul de ore minim rezultat s-a produs în zona tarifară de zi. Zonele tarifare de vîrf și zi cuprind în mod normal 15 ore/zi.

Întrucît debitele regularizate în toate variantele nu au depășit, în general, 110 m³/s (corespunzător la 15 ore/zi), rezultă că energia produsă a fost numai energie de vîrf și zi.

Concluzii și propuneri

Rezultatele calculului în cele cinci variante de funcționare sînt trecute în tabela 4. Din analiza acestor rezultate, reiese că cea mai indicată metodă pentru exploatarea centralei hidroelectrice este aceea utilizată în variantele III și V, din următoarele motive :

– Energia cîștigată pe centrală în varianta III, într-un an, la un debit mediu cu asigurare 75%, este de 11,62 % din E_{H_3} față de varianta II și de 1,55% din E_{H_3} față de varianta I.

– Energia cîștigată pe ansamblul sistemului enrgetic în varianta III, pentru un debit mediu anual cu asigurare 75%, este de 15,2% din E_{H_3} față de varianta II.

Deci, pe lîngă un cîștig de energie pe centrala hidroelectrică, rezultă și un cîștig de combustibil pe centralele termoelectrice.

– Energia cîștigată pe centrala hidroelectrică în varianta V într-un an, la un debit mediu cu asigurare 25%, este de 3% din E_{H_3} față de varianta IV.

– Pentru o perioadă de umplere a lacului de încă trei ani (cum se întîmplă de obicei), acest cîștig de energie se multiplică de circa 3–4 ori.

– Funcționarea centralei hidroelectrice cu cote ridicate în lac (variantele III, V) menține în lac o cantitate de apă suplimentară, care poate fi de un real folos în următoarele cazuri :

a) În perioadele secetoase asigură o producție de energie ridicată.

b) La avarierea unor grupuri din sistemul energetic asigură o funcționare mai îndelungată a centralei hidroelectrice.

c) Asigură la nevoie o cantitate suplimentară de apă pentru irigații, alimentări de orașe etc.

– Puterea cîștigată suplimentar prin menținerea unei cote ridicate în lac poate micșora în anumite cazuri investiția necesară pentru instalarea unor grupuri echivalente.

– Energia cîștigată suplimentar pentru același volum de apă micșorează consumul de combustibil, a cărui rezervă este limitată.

Funcționarea centralei hidroelectrice cu cote ridicate în lac este condiționată de :

a) forma curbei de sarcină a sistemului energetic ;

b) locul pe care îl ocupă centrala hidroelectrică în acoperirea acestei curbe ;

c) volumul de apă afluent în lac ;

d) anumite criterii economice care se pun suplimentar în cadrul sistemului energetic.

În cazul de față, forma curbei de sarcină și locul pe care îl ocupă centrala hidroelectrică în prezent sînt cele arătate în graficele 8, 9, 10 și 11.

Debitul de apă afluent în lac s-a considerat variabil, iar de alte criterii economice decît cele analizate nu s-a ținut seamă.

Cu aceste premise s-a întocmit „graficul de exploatare hidroenergetică” din figura 14. El se compune din următoarele zone :

— Zonele I și I′ — antideversante. Realizarea lor corespunde celor arătate la pct. 4.1.

— Zona II — se compune din trei subzone, conform celor arătate în fig. 14.

Aceste subzone nu reprezintă altceva decît ultimele trei zone din graficul dispecer clasic (fig. 1), ridicate la cota maximă și micșorate de la 50 mil. m^3 la 10 mil. m^3. Debitele regularizate din cadrul fiecărei subzone au rămas aceleași ca în graficul dispecer, cu singura deosebire că în lunile viiturilor de primăvară (IV, V, VI) ele au fost majorate (proporțional) cu debitul corespunzător volumului de apă dintre ultima curbă a graficului dispecer și cota maxim admisibilă de la sfîrșitul fiecărei luni.

În cadrul ei se poate funcționa normal în anii cu asigurare pînă la 25% cu debitele indicate în fiecare lună.

— Zona III — de funcționare normală, în cadrul anilor cu debite medii cu asigurare 25—75%.

Limita inferioară a rezultat la funcționarea centralei hidroelectrice în anul cu asigurare 75%.

— Zona IV — de funcționare normală, în cadrul anilor cu debite medii de asigurare 75—90%.

Limita inferioară a ei a rezultat la funcționarea centralei hidroelectrice în anul cu asigurare 90%, considerînd la sfîrșitul anului lacul plin.

Menționăm că zonele II, III și IV sînt zone de funcționare normală, în care la nevoie se poate consuma orice debit fără pericol, dacă anumite criterii economice din cadrul sistemului energetic o cer.

Sub această zonă, consumarea unui debit mai mare decît cel prescris în graficul de exploatare (fig. 14) pune în pericol funcționarea normală a centralei în viitor, întrucît oricînd poate să apară o perioadă de ani secetoși la nivelul celor observați.

— Zona V — de funcționare excepțională, în cadrul anilor cu debite medii cu asigurare 90—100%. Limita inferioară a ei a rezultat la funcționarea centralei hidroelectrice în ultimul an secetos.

— Zona VI — de funcționare nejustificată în cadrul unei perioade de ani secetoși de valoarea celor observați.

Dacă în viitor forma curbelor de sarcină și locul pe care îl ocupă centrala hidroelectrică în acoperirea acestor curbe se schimbă, urmează să se întocmească un alt grafic de exploatare corespunzător.

În cadrul fiecărei zone, orice surplus de apă care rezultă în afara celor indicate în graficul de exploatare se va acumula în lac, pentru a se cîștiga putere și energie suplimentară.

Bibliografie

[1] Morozov, A. A. **Utilizarea energiei apelor** (trad. din limba rusă). Editura tehnică, 1952.
[2] Gorstein, V. M. **Repartiția optimă a sarcinilor pe centralele electrice interconectate** (trad. din limba rusă). E.E.S., 1953.
[3] *** **Regimuri optime de funcționare a centralelor hidroelectrice din sistemele energetice.** Gosenergoizdat. 1959.
[4] **Deducerea caracteristicilor creșterilor relative ale centralelor, în diverse ipoteze de aproximare**, IRME, 1963.
[5] **Încadrarea în sistem a CHE „V. I. Lenin“-Bicaz.** ISPE. 1959.

Analogii electrice și mecanice în legătură cu circuitul electric

Ing. A. Rothman

Problema determinării analogiilor ce se pot stabili între un circuit electric și o structură mecanică, pe care o vom denumi circuit mecanic, a preocupat intens lumea tehnică [1—18]. Dacă în trecut această problemă prezenta mai curînd un interes teoretic, cercetătorii fiind mai mult preocupați de o încadrare grupală într-un tot unitar a unor fenomene din domenii diferite, care prezentau o similitudine morfologică, în prezent problema are și o importanță practică în cadrul construirii dispozitivelor și calculatoarelor de tip analogic.

Articolul de față reprezintă o încercare de sinteză care să prezinte stadiul actual al problemei analogiilor mecanice ale unui circuit electric.

Între parametrii circuitului electric și parametrii unui circuit mecanic se poate stabili o anumită corespondență, dacă ambele circuite satisfac o ecuație diferențială de aceeași formă. Atît circuitul electric cît și cel mecanic se disting printr-o structură topologică care indică modul de legătură a diverselor elemente, și o a doua structură, fizică, suprapusă celei dintîi și care este determinată de natura fiecărui element al schemei. Analogiile electromecanice care se pot stabili reflectă unul dintre aceste două aspecte menționate.

Circuitul electric poate fi caracterizat prin trei parametri principali : rezistența R, inductanța L și capacitatea C (fig. 1 *a*). Circuitul mecanic este, la rîndul său, caracterizat prin : rezistența mecanică r, masă m, resort (elasticitate) e.

Trebuie să menționăm de la început că analogiile care se pot adopta între parametrii electrici și cei mecanici sînt valabile numai în cadrul unui anumit domeniu, așa cum se va arăta în cele ce urmează.

Analogia electromecanică clasică are la bază o similitudine de natură energetică. Trebuie reamintit că puterea unui sistem fizic se obține ca produs a două mărimi (curent și tensiune în electricitate, forță și viteză în mecanică). Firestone a insistat asupra faptului [4] că aceste două mărimi au caracteristici diferite din punctul de vedere al sistemului de referință. Una dintre ele are caracter longitudinal, fiind denumită variabilă ,,în", și se caracterizează prin faptul că este legată de un singur punct de referință (de aplicație). O astfel de variabilă este forța în mecanică și curentul în electricitate. Cea de-a doua variabilă are un caracter transversal, fiind denumită variabilă ,,între", și acționează totdeauna în raport cu două puncte de referință, adică trebuie permanent raportată la un reper fix al sistemului de coordonate. Drept exemplu de o astfel de variabilă se menționează viteza în mecanică și tensiunea în electricitate.

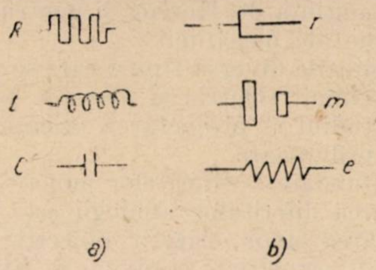


Fig. 1. Elementele circuitului :
a – electric; b – mecanic.

În general nu se acordă atenție caracterului diferențiat al variabilelor ,,în" și ,,între". Pentru prima dată, Kron a insistat asupra faptului că tensiunile și curenții sînt vectori de natură diferită. Astfel, spațiul vectorial al tensiunilor are caracter contravariant, iar cel al curenților – caracter covariant. Aceste spații sînt distincte și formează structuri topologice diferite : omologii pentru curenți și co-omologii pentru tensiuni. Nu există nici o tranziție naturală între aceste spații. Numai operatorul impedanță sau admitanță, determinat de structura fizică a elementelor suprapuse configurației topologice, permite să se stabilească un izomorfism între tensiuni și curenți.

Caracterul de variabilă ,,în" sau ,,între" stă la baza analogiei electromecanice clasice. Această analogie se bazează pe corespondența pusă în evidență de ecuațiile (1) și tabela 1.

$$L\frac{dI}{dt} + RI + \frac{1}{C}\int I dt = U \quad \text{Electricitate} \qquad (1)$$

$$m\frac{dv}{dt} + rv + \frac{1}{e}\int v dt = F \quad \text{Mecanică}$$

Tabela 1

Analogia clasică

Electricitate		Mecanică	
Tensiune	U	Forță	F
Curent	I	Viteză	v
Cantitate de electricitate	Q	Deplasare	d
Inductanță	L	Masă	m
Rezistență	R	Rezistență mecanică	r
Capacitate	C	Resort (elasticitate)	e

Se observă că analogia clasică alege identificarea dintre tensiune – forță și curent – viteză, făcînd prin aceasta o identificare a cauzelor și a efectelor între ele.

Din figura 2 rezultă că circuitul electric și cel mecanic echivalent cu el nu au același tip de configurație. Primul circuit este un circuit serie, iar al doilea un circuit derivație. Se vede deci că analogia clasică asociază configurații topologice diferite, care nu sînt echivalente, ci duale. Aceasta se explică datorită caracterului diferit al variabilelor electrice și mecanice. În timp ce variabila tensiune este o variabilă ,,între", variabila forță este o variabilă ,,în". Trebuie, de asemenea, relevat faptul că rezistența mecanică este de fapt o mărime care se comportă ca inversul rezistenței electrice, deoarece modul de compunere al rezistențelor mecanice este identic cu cel al conductanțelor.

Pentru a restabili analogia topologică între circuite și a asocia sub semnul echivalenței variabile energetice similare din punct de vedere topologic (,,în" și ,,între" numai între ele),

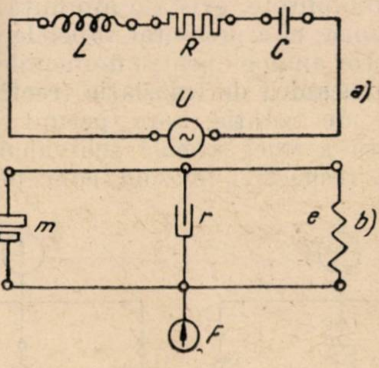


Fig. 2. Circuitul electric (a) și mecanic (b) echivalent, în conformitate cu analogia clasică.

Darrieus și Firestone au propus un alt tip de analogie electromecanică, pusă în evidență de ecuațiile (2) și tabela 2.

$$C\frac{dU}{dt} + \frac{1}{R}U + \frac{1}{L}\int U dt = I \quad \text{Electricitate}$$

$$m\frac{dv}{dt} + rv + \frac{1}{e}\int v dt = F \quad \text{Mecanică} \qquad (2)$$

Tabela 2

Analogia Firestone — Darrieus [2], [4]

Electricitate		Mecanică	
Curent	I	Forță	F
Tensiune	U	Viteză	v
Cantitatea de electricitate	Q	Impuls	$\int F \cdot dt$
Impuls electric	$\int U \cdot dt$	Deplasare	d
Capacitate	C	Masă	m
Conductanță	$1/R$	Rezistență mecanică	r
Inductanță	L	Elasticitate	e

În figura 3 se arată că circuitele asociate prin relația de echivalență în conformitate cu analogia Firestone — Darrieus sînt echivalente și din punct de vedere topologic. Această ultimă analogie dă posibilitatea de a găsi totdeauna corespondența mecanică a unui circuit electric. Hecht o folosește aproape în exclusivitate în cartea sa [17]. Totuși, după cum se vede din tabela 2, această analogie asociază impedanțe electrice cu susceptanțe mecanice, și invers, așa încît energiei cinetice nu îi mai corespunde energia electromagnetică a inductanțelor, ci energia electrostatică a condensatoarelor. Din această cauză, dacă se dorește să se păstreze analogiile stabilite încă de Maxwell între anumite forme energetice ale mecanicii analitice lagrangiene și hamiltoniene și energia cîmpului electromagnetic, este necesar să se recurgă la tabela analogiilor clasice.

Firestone a arătat [12] că între analogia clasică, denumită de el analogie de impedanță, și analogia Darrieus — Firestone, denumită analogie de mobilitate, există o anumită dualitate. De asemenea, el a prezentat tabelele echivalențelor acestor analogii pentru domeniile : electric, acustic, mecanica de translație (rectiliniară) și mecanica de rotație, care permit alcătuirea nemijlocită a unei scheme echivalente pentru domeniul respectiv, folosind concepte proprii, dar care păstrează o anumită analogie cu domeniul electric.

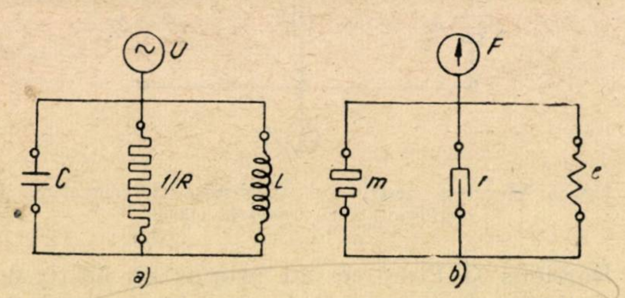


Fig. 3. Circuitul electric (*a*) și mecanic (*b*) echivalent în conformitate cu analogia Firestone—Darrieus.

Recent Herzog [16], folosind noțiunile de sursă de tensiune și sursă de curent, a arătat că expresii simple pentru ecuația diferențială rezultă numai pentru sursa de tensiune aplicată unui circuit serie sau, în mod dual, pentru sursa de curent aplicată unui circuit derivație. Aceste relații pot fi extinse și la „rețele" mecanice avînd drept surse forța și viteza și care acționează asupra unor elemente avînd frecare, inerție și reziliență (elasticitate). Analogia electromecanică este extinsă de Herzog și pentru axiomele newtoniene ale mecanicii.

Analogiile de diverse tipuri care se pot stabili între un circuit electric și mecanic pot fi utilizate la studiul și proiectarea oricăror dispozitive transductoare.

O aprofundare a diferitelor puncte de vedere în stabilirea diferitelor analogii este legată de determinarea unor criterii obiective care să alcătuiască structura comună a diferitele domenii ale fizicii la nivelul cercetării inginerești. Deși o astfel de activitate este încă departe de un rezultat esențial, fundarea teoretică și posibilitățile de aplicații practice aparțin, după părerea autorului, diacopticei.

Bibliografie

[1] Pomey, S. B. **Analogies mécaniques de l'électricité**, G. Villars, 1921.

[2] Darrieus, M. **Modèles mécaniques en électrotechnique**. Bull. Soc. Fr. Electr., aug. 1929, p. 749.

[3] Haenle, W. **Die Darstellung elektromechanischer Vorgänge durch rein elektrische Schaltbilder**. Wiss. Veröffent. Siemens Konzern, 1932, p. 1.

[4] Firestone, F. A. **A new analogy between mechanichal and electrical systems**. Journ. of Acoustical Soc, America, 1933, p. 249—267.

[5] Miles, J. **Applications and limitations of mechanical-electrical analogies, new and old**. Journ. of Acoustical Soc. America, ian. 1943.

[6] Reichardt, W. **Analogie zwischen mechanischen und elecktrischen grössen**. Frequenz 1952, p. 25.

[7] Faussurier, A. **Contribution à l'étude des couplages électromécaniques**. R.G.E. 1952, p. 85.

[8] Raymond, F. **Analogies électriques et mécaniques**. R.G.E. oct. 1952, p. 465.

[9] Prache, P. M. **Les réseaux électromécaniques linéaires**. Bull. Soc. Fr. Electr. aug. 1952, p. 464.

[10] Rouche, M. N. **Analogies électromécaniques et équations de Lagrange — Maxwell**, Bull. Soc. Fr. Electr. martie 1957, p. 181.

[11] Le Corbeiller, P. și Yeung, Y. W. **Duality in mechanics**. Journ. of Acoustical Soc. America, nov. 1952 p. 643.

[12] Firestone, F. A. **Twixt earth and sky with rod and tube ; the mobility and classical impedance analogies**. Journ. of Acoustical Soc. America, nov. 1956, p. 1117.

[13] Rouche, M. N. **Les analogies électromagnétiques, un problème théorrique et deux outils pour ingenieurs**. Age nucléaire, 1958, p. 140.

[14] Barker, R. J. **Analogies and models. Their use in solving electrical problems**. Electr. Review, mart. 1959, p. 581.

[15] Swift, W. **Electromechanical impedance. Analogs and duality**. AIEE Trans. Pl (Commun. and Electronics), 1959, p. 81.

[16] Herzog, W. **Elektrische und mechanische Quellen**. Frequenz, 1963, p. 1.

[17] Hecht, H. **Schaltschemata und Differentialgleichungen elektrischer und mechanischer Schwingungsgebilde**. Ambrosius Barth, Leipzig, 1954, cap. XIII, p. 160.

[18] Kalef, M. Ia. **Teoriia elektriceskih țepei**. Transzeldorizdat, 1956, cap. 1, p. 14.

Criteriul tehnico-economic la alegerea surselor de iluminat electric

Ing. D. D. Matei

In tehnica iluminatului electric, la alegerea surselor luminoase — pe lîngă condițiile luminotehnice și estetice, îndeobște cunoscute — trebuie avut în vedere și criteriul tehnico-economic, pe care, cu prilejul avizării proiectelor, CSCAS pune totdeauna accentul.

Pornind de la acest considerent, în cele ce urmează se încearcă să se precizeze :

— modul cum trebuie aplicat criteriul tehnico-economic la alegerea surselor de iluminat electric ;

— influența investițiilor de echivalare a diverselor variante de iluminat asupra duratei minime de utilizare anuală, pentru care iluminatul fluorescent devine rentabil.

Pentru concretizarea acestor probleme se dă un exemplu și 7 anexe cuprinzînd parametrii lămpilor și ai corpurilor de iluminat, parametri care intervin cu ocazia calculelor pentru aplicarea surselor de iluminat electric.

Stabilirea eficacității economice a iluminatului electric s-a făcut pe baza Instrucțiunii nr. 129—61, aprobată cu ordinul M.M.E.E. nr. 10163/24.10.61, cu privire la ,,Întocmirea calculelor comparative tehnico-economice''.

În acest sens, pentru compararea tehnico-economică a diferitelor surse de iluminat electric, au fost calculați indicatorii sintetici respectivi ai cheltuielilor anuale. Indicatorul sintetic al cheltuielilor anuale se exprimă prin relația :

$$Z = 0{,}1\,I + C, \qquad (1)$$

unde :

I este costul investițiilor totale, lei ;
C — costul cheltuielilor anuale totale, lei.

Se consideră mai rentabil iluminatul pentru care Z este mai mic.

În expresia lui I, în afară de investițiile propriu-zise, vor intra și investițiile necesare pentru aducerea la echivalență, atît din punctul de vedere al puterii electrice instalate cît și al energiei electrice consumate, ținîndu-se seamă de efectul asupra ramurilor conexe ale economiei naționale, și, în primul rînd, asigurarea necesarului de combustibil. În acest sens, Instrucțiunea 129—61 prevede ca la investițiile propriu-zise să se adauge investițiile de echivalare a variantelor, și anume :

— investiții pentru ,,asigurarea puterii electrice necesare în centrale'', considerîndu-se 3 000 lei/kW ;

— investiții pentru ,,deschideri de mine'' necesare pentru asigurarea consumului anual de energie electrică, valorificate la 0,44 lei pentru fiecare kWh/an consumat.

Expresia investițiilor totale va deveni astfel :

$$I = i + 3000\,p + 0{,}44\,p.t, \qquad (2)$$

în care :

i este costul corpurilor de iluminat, inclusiv accesorii și exclusiv lămpi și startere, în lei ; costul instalației electrice (conductoare, tuburi, aparate etc.) nu a fost considerat, deoarece instalația este aproximativ aceeași pentru sursele de iluminat comparate ;
p — puterea instalată a lămpilor, inclusiv balasturi, kW ;
t — durata anuală de utilizare a iluminatului electric, ore.

Durata anuală de utilizare a iluminatului după numărul de schimburi este :

Nr. schimburilor	ore
1	800
2	2 500
3	4 500
iluminat exterior	3 500

Expresia cheltuielilor anuale totale este :

$$C = np_1 \cdot te + \frac{nl_1}{\tau} \cdot t, \qquad (3)$$

unde :

n este numărul lămpilor ;
l_1 — prețul unei lămpi, lei ;
τ — durata de viață a lămpilor, ore ;
  — 1 000 — incandescente ;
  — 5 000 — fluorescente de joasă presiune ;
  — 6 000 — fluorescente de înaltă presiune ;
e — costul energiei electrice = 0,15 lei/kWh ;
p_1 — puterea instalată a unei lămpi, incl. balastul, kW.

În cheltuielile anule nu au fost cuprinse amortismentul investițiilor, precum și costul întreținerii, care sînt neglijabile față de costul energiei electrice.

Amortismentul, conform Decretului 555/53 pentru reglementarea amortizării mijloacelor de bază, se ia pentru :

— clădiri industriale	1,6%
— clădiri sociale	1,8%
— clădiri administrative	2,2%

Înlocuind în (1) expresiile (2) și (3) ale lui I și C, rezultă :

$$Z = 0{,}1\,i + 300\,np_1 + nt\,(0{,}044 + 0{,}15)\,p_1 + \frac{l_1}{\tau}\,t$$

sau, după efectuarea calculelor numerice :

$$Z = 0{,}1\ i + 300\ np_1 + n \cdot k_1 \cdot t, \qquad (4)$$

în care s-a notat :

$$k_1 = 0{,}19\ p_1 + \frac{l_1}{\tau},$$

fiind un coeficient specific fiecărei lămpi electrice, dependent de parametrii p_1, l_1 și τ respectivi.

În cazul cînd investițiile de echivalare a variantelor nu ar fi luate în considerare, atunci expresia indicatorului sintetic ar fi :

$$Z = 0{,}1\ i + np_1\ te + \frac{nl_1}{\tau} \cdot t$$

sau

$$Z = 0{,}1\ i + c_1\ Q, \qquad (5)$$

unde s-au notat :

c_1 — costul specific al unei lămpi $= \dfrac{l_1 + p_1 \cdot \tau \cdot e}{\Phi_1 \cdot \tau}$ (pe unitatea de cantitate de lumină) ;

Q — cantitatea de lumină necesară anual $= n\ \Phi_1 \cdot t$;

Φ_1 — fluxul luminos al unei lămpi, lm ;

Pe baza prețurilor actuale, în anexele 1—3, sînt date valorile calculate ale coeficienților k_1 și c_1, atît pentru lămpile incandescente, cît și pentru lămpile fluorescente de joasă și înaltă presiune care se fabrică în țară.

Prețurile corpurilor de iluminat incandescent și fluorescent care se fabrică în țară sînt date în anexele 4, 5, 6 și 7.

*

Pentru exemplificarea acestor calcule comparative, se consideră încăperea unei stații de descărcare a argilei avînd :

$$S = 18 \times 7{,}5 = 135\ \text{m}^2;\ H = 6\ \text{m}.$$

Rezultă indicele încăperii $u = 1{,}6$. În cazul iluminatului fluorescent, pentru asigurarea unei iluminări medii de 160 lx sînt necesare 18 corpuri de iluminat de tipul CEI 240, cu care se obține un flux luminos de 95 000 lm, coeficientul de utilizare fiind 0,215.

În cazul iluminatului incandescent, pentru a se asigura o iluminare de 50 lx trebuie instalate 14 armături cu pipă pentru lampă de 200 W, obținîndu-se un flux de 40 000 lm, coeficientul de utilizare fiind 0,17.

Valorile parametrilor de calcul sînt rezumate în tabela 1.

Tabela 1

Parametrii de calcul	Iluminat	
	incandescent	fluorescent
Prețul corpurilor de iluminat, lei/buc.	35,00	320,00
Nr. corpurilor de iluminat, buc.	14	18
Prețul lămpilor electrice, lei/buc.	9,79	18,70
Nr. lămpilor electrice, buc.	14	36
Durata de viață a lămpilor, ore	1000	5000
Puterea instalată a unei lămpi, inclusiv balastul, W	200	49

Durata minimă de utilizare anuală de la care iluminatul fluorescent este mai rentabil decît iluminatul incandescent

a) În ipoteza că investițiile de echivalare a variantelor sînt luate în considerare, din anexele 1 și 2 rezultă :

— în cazul utilizării lămpilor fluorescente :

$$n \cdot k_1 = 18 \times 2 \cdot 13{,}1 \cdot 10^{-3} = 0{,}48;$$

— în cazul utilizării lămpilor incandescente :

$$n \cdot k_1 = 14 \cdot 48{,}6 \cdot 10^{-3} = 0{,}68.$$

Înlocuind în relația (4), se obțin indicatorii sintetici pentru iluminat fluorescent și incandescent, respectiv Z_f și Z_i :

$$Z_i = 0{,}1 \cdot 490 + 300 \cdot 2{,}80 + 0{,}68 \cdot t = 889 + 0{,}68\ t;$$

$$Z_f = 0{,}1 \cdot 5\,760 + 300 \cdot 1{,}76 + 0{,}41\ t = 1\,104 + 0{,}48\ t.$$

Comparînd aceste două relații, se constată că pentru

$$T > 1075\ \text{ore/an},$$

rezultă

$$Z_f < Z_i,$$

adică iluminatul fluorescent devine mai rentabil.

b) În ipoteza că investițiile de echivalare a variantelor nu ar fi luate în considerare, ar rezulta :

— în cazul utilizării lămpilor fluorescente :

$$c_1 = 4{,}5 \cdot 10^{-6};$$

— în cazul lămpilor incandescente :

$$c_1 = 13{,}6 \cdot 10^{-6}.$$

Înlocuind în relația (5), pentru iluminat incandescent se obține :

$$Z_i = 0{,}1 \cdot 490 + 13{,}6 \cdot 40\,000 \cdot 10^{-6} \cdot t = 49 + 0{,}54\ t,$$

iar pentru iluminat fluorescent :

$$Z_f = 0{,}1 \cdot 5\,740 + 4{,}5 \cdot 95\,000 \cdot 10^{-6} \cdot t = 574 + 0{,}43\ t.$$

Comparînd aceste două relații, rezultă că pentru

$$t > 4750\ \text{ore},$$

$$Z_f < Z_i,$$

adică iluminatul fluorecesnt devine mai rentabil.

Concluzii

Investițiile de echivalare a variantelor influențează foarte mult asupra duratei minime de utilizare anuală la care iluminatul fluorescent este mai rentabil decît iluminatul incandescent.

La aplicarea criteriului tehnico-economic, pentru alegerea surselor de iluminat electric trebuie luate în considerare investițiile de echivalare a variantelor.

Bibliografie

[1] *Instrucțiunea nr. 129—61 pentru întocmirea calculelor comparative tehnico-economice privind instalații de producere și transport de energie electrică și de căldură, sub formă de abur și apă caldă.* M.M.E.E. — D.E.E., ICSE, 1962.

[2] *Catalogul lămpilor fluorescente*, 1960. I.I.S. Electrofar-București.

[3] *Catalogul corpurilor de iluminat industriale*, 1963. I.I.S. Electro-Banat-Timișoara.

[4] *Catalogul prețurilor cu ridicata reașezate.* 33/El. 3, M.M.C.M. București—1962.

Anexa 1

Lămpile incandescente fabricate în R.P.R.

Nr. crt.	Puterea (p_1), W	Flux luminos * la 220 V ($\Phi 1$), lm	Preț ** unitar (l_1), lei	$c_1 \cdot 10^{-6}$	$k_1 \cdot 10^{-3}$
1	25	220	2,91	30,2	7,7
2	40	350	3,32	26,7	11,0
3	60	630	4,18	21,0	15,8
4	75	850	5,10	19,2	19,6
5	100	1 250	5,41	16,3	24,8
6	150	2 090	9,18	15,1	38,3
7	200	2 920	9,79	13,6	48,6
8	300	4 610	16,90	13,4	75,1
9	500	8 300	27,30	12,4	124,3
10	1 000	18 500	41,10	10,2	235,1

* valoarea nominală pentru execuția *S*.
** prețuri loco furnizor.

Anexa 2

Lămpile fluorescente cu vapori de mercur de joasă presiune fabricate în R.P.R.

Nr. crt.	Puterea, W		Flux luminos la 220 V * Φ 1, lm	Preț unitar, lei		$c_1 \cdot 10^{-6}$	$k_1 \cdot 10^{-3}$
	lampă	lampă, balast * p_1		lampă ** l_1	balast ***		
1	20	25	980	13,80	35,80	6,6	7,5
2	40	49	2 450	18,70	38,80	4,5	13,1
3	40 fără starter	49	2 350	17,80	94,50	4,3	12,9
4	65	78	3 900	23,30	44,10	4,2	19,5

* corespunde la tuburi de culoare albă (cod CC).
** prețuri loco furnizor, inclusiv starter (prețuri starterului 4,70 lei/buc.).
*** în prețul balastului pentru lampa fără starter (de exterior) intră și costul condensatorului.

Anexa 3

Lămpile fluorescente cu vapori de mercur de inaltă presiune fabricate în R.P.R.

Nr. crt.	Puterea, W		Flux luminos a 220 V, $\Phi 1$, lm	Preț unitar *		$c_1 \cdot 10^{-6}$	$k_1 \cdot 10^{-3}$
	lampă	lampă balast *, p_1		lampă, l_1	balast		
1	80	89	3 050	45	100	6,8	25,9
2	125	136	5 500	62	125	5,6	36,1
3	250	267	11 750	121	170	5,1	71,2
4	400	425	20 000	135	200	4,3	103,5

* prețuri loco furnizor.

Anexa 4

Corpuri (aparate) de iluminat incandescent pentru interior

Nr. crt.	Denumirea și caracteristici	Tip	Simbol, cod	Fabricație	Puterea maximă a lămpilor	Preț unitar * lei
1	Aplică din porțelan dreaptă, 250 V 60 W	AP—D	B 1134	Electro-Banat	—	5,50
2	Aplică din porțelan cu braț	AP—B	B 1131	idem	100	7,50
3	Armătură de iluminat cu pipă	—	4680	Electroaparataj	60	21,00
4	Idem	—	4700	idem	200	35,00
5	Idem, însă cu braț	t	4681	idem	60	22,00
6	Idem	—	4690	idem	200	34,00
7	Armătură impermeabilă de plafon	—	4650	idem	60	22,00
8	Armătură impermeabilă de perete	—	4660	idem	60	24,00
9	Armătură etanșă cu dispersor din sticlă clară, transparentă, opacă sau colorată	A60N 328 I	B18136 I	Electro-Banat	60	22,00
10	Idem, însă cu dispersor și coș	A60N 328 II	B 18136 II	idem	60	22,80
11	Idem, însă cu dispersor și abajur	A60N 328 III	B18136 III	idem	60	23,50
12	Corp (armătură) de iluminat cu siguranță mărită	IMS-7/100	B1460/TH	idem	100	120,00
13	Corp (armătură) de iluminat minier normal	IM—7/100	B1452	idem	60	97,00
14	Far de securitate (reflector)	CZ	—	idem	500	86,50
15	Pendul difuzant, Ø 250 mm	PED-250	—	idem	150	15,25
16	Idem, Ø 350 mm	PED-350	—	idem	300	18,25
17	Pendul difuzant Ø350 mm cu dulie F 40, porțelan, 250 V, 300 W, execuție TH	—	—	—	300	91,00
18	Plafonieră difuzantă Mediaș Ø 250 mm, 250 V	PAD-240B	B1261	idem	150	13,60
19	Idem, Ø350 mm, 250 V	PAD-350	B1262	idem	200	17,20
20	Plafonieră execuție P 20	CC 351	B18133	idem	2 × 60 (250V) + 1 × 25 (40V)	16,50
21	Idem	CC 360	B18134	idem	1 × 60 (250V)	12,50
22	Plafonieră, execuție P 20	CC 361	B18135	idem	3 × 60 (250V) + 1 × 25 (40V)	18,00
23	Plafonieră difuzantă, Ø 350 mm, cu dulie E27, metalică 250 V, 200 W, execuție TH	—	—	—		45,00
24	Plafonieră difuzantă, Ø 35 mm cu dulie, E40, porțelan 250 V, 300 W, execuție TH	—	—	—		57,00

* prețuri loco furnizor, exclusiv ambalajele.

Corpuri (aparate) de iluminat fluorescent pentru interior

Anexa 5

Nr. crt.	Denumirea și caracteristici	Tip	Fabricație	Puterea lămpilor incl. balasturi, W	Preț* unitar, lei
1	Corp de iluminat (cu reflector)	CK—140	Electrofar	1 × 49	153(100)
		CK—240	idem	2 × 49	200 (109)
		CK—340	idem	3 × 49	282 (147)
		CK—440	idem	4 × 49	359 (167)
		CK—165	idem	1 × 78	190 (122)
		CK—265	idem	2 × 78	251 (117)
		CK—365	idem	3 × 78	357 (171)
2	Corp de iluminat de interior (fără reflector)	CM—120	idem	1 × 25	111 (75)
		CM—220	idem	2 × 25	136 (83)
		CM—140	idem	1 × 49	131 (78)
		CM—240	idem	2 × 49	177 (81)
		CM—340	idem	3 × 49	236 (102)
		CM—165	idem	1 × 78	157 (88)
		CM—265	idem	2 × 78	216 (104)
		CM—365	idem	3 × 78	309 (121)
3	Corp de iluminat ornamentul de interior	CBC—220	idem	2 × 25	261
		CBC—240	idem	2 × 49	355
		CBC—265	idem	2 × 78	434
		CBC—420	idem	4 × 25	323
		CBC—440	idem	4 × 49	472
4	Corp de iluminat etanş cu reflector	CEI—140	idem	1 × 49	300
		CEI—240	idem	2 × 49	430
5	Corp de iluminat etanş fără reflector	CEI—140	idem	1 × 49	196
		CEI—240	idem	2 × 49	320

* Prețuri franco depozit furnizor, exclusiv ambalajul de transport. În prețuri sînt incluse balasturile și condensatoarele, exclusiv tuburile și starterele. Prețurile indicate în paranteză corespund corpurilor de iluminat cablate, fără accesorii. De precizat că corpurile de iluminat se livrează cu : 1 condensator la corpurile de iluminat cu 1, 2 și 3 tuburi ; 2 condensatoare la corpurile de iluminat cu 4 tuburi.

Corpuri (aparate) de iluminat incandescent pentru exterior

Anexa 6

Nr. crt.	Denumirea și caracteristici	Tip	Simbol cod NI	Fabricație	Puterea maximă a lămpilor, W	Preț unitar, lei
1	Far de securitate (proiector), diametru 325 mm, dulie E40	CZ	B 1804 NI285—52	Electro-Banat	500	86,50*
2	Corp de iluminat de forma					
	— Aa 100	E 100	—	—	100	22,25
	— Ab 100	E 100	—	—	100	22,25
	— Ab 200	N 150	—	—	150	34,70
3	Corp de iluminat complet cu glob de forma					
	— B 200	N 200	—	—	200	109,20
	— C 300	NG 300	—	—	300	215,50
	— C 1000	NG 500	—	—	500	246,50
	— C 500	—	—	—	—	—
4	Corp de iluminat tip Zeiss	—	—	—	—	366,00

* prețuri loco furnizor ; celelalte prețuri sînt loco șantier.

Corpuri (aparate) de iluminat fluorescent pentru exterior

Anexa 7

Nr. crt.	Denumirea și caracteristici	Tip	Simbol cod	Fabricație	Puterea maximă a lămpilor, inclusiv balasturi, W	Preț unitar, lei
1	Corp de iluminat etanş format banană	CEB340	—	Electrofar	3 × 49	1390,00*
2	Corp de iluminat tronconic cu șase tuburi fluorescente 20 W	CET620	B10801	Electro-Banat	6 × 26	622,00*
3	Corp de iluminat cu glob tronconic lampadar	—	—	—	—	—
	Corp de iluminat cu lampă cu vapori de mercur și balon fluorescent de :					
4	125—W	HRF40	CVM—125	Precizia SPC	1 × 136	1164,00
5	250 W	HRF40	CVM—250	idem	1 × 267	1260,00
6	400 W	HRF40	CVM—400	idem	1 × 425	1332,00
	inclusiv accesoriile					
	Corp de iluminat de forma C 500 cu lampă cu vapori de mercur și balon fluorescent de :					
7	125 W	—	—	—	—	438,00
8	250 W	—	—	—	—	533,00
9	400 W	—	—	—	—	606,00

* prețuri loco furnizor (fără tuburi și starter) ; celelalte prețuri sînt loco șantier.

Industrializarea montajului stațiilor electrice în cadrul Trustului de construcții și montaje energetice

Ing. **A. Măcriș** și Ing. **M. Sterian**

Volumul lucrărilor de construcții și montaje energetice din țara noastră prezintă o continuă creștere, ca urmare a creșterii puterii instalate în centralele electrice, precum și a apariției în continuare a unor puternici consumatori industriali.

În cadrul lucrărilor de construcții și montaje energetice, lucrările de stații electrice ocupă un loc important, constituind atît centre de interconexiune și puncte nodale în rețea, cît și, în special în perioada recentă, puncte de injecție a energiei electrice în rețele regionale și industriale.

Creșterea impetuoasă a ritmului de amenajare a instalațiilor energetice a impus măsuri corespunzătoare pentru a mări considerabil productivitatea muncii la montajul stațiilor electrice, ceea ce se poate realiza numai prin prefabricarea largă și industrializarea execuției unui număr cît se poate de mare de subansamble pentru aceste stații.

Prima etapă pentru realizarea unor subansamble industriale a constat în realizarea unei tipizări și uniformizări a soluțiilor care să permită realizarea unui număr cît mai mare de variante, pe baza unui număr cît mai mic de subansamble tipizate.

Tipizarea soluțiilor stațiilor electrice

Creșterea numărului de lucrări, pe de o parte, și simplificarea lor, pe de altă parte, au făcut ca tipizarea acestora să fie nu numai posibilă, dar și necesară. În consecință, Institutul de studii și proiectări energetice a elaborat o serie de proiecte-tip atît pentru stațiile de transformare de 35 kV, cu și fără personal permanent de exploatare, cît și pentru subansamblele stațiilor de 110/35/6 (15) kV cu bare simple. Acestea au fost elaborate pe baza unor linii directoare de simplificare a instalațiilor.

În conformitate cu aceste linii directoare pentru injecțiile în rețele regionale, s-au prevăzut, de regulă, stații de 110 kV echipate cu simplu sistem de bare pe partea de 110 kV și 35 kV și cu bare simple secționate pe partea de 6 sau 15 kV.

Pentru limitarea scurtcircuitelor s-a prevăzut posibilitatea secționării barelor colectoare atît la 35 kV cît și la 6—15 kV.

Camera de comandă a fost simplificată prin descentralizarea protecției, măsurii și comenzilor aferente stațiilor de 6—15 kV, acestea montîndu-se în dulapuri metalice amplasate chiar în celulele respective.

Tensiunea serviciilor proprii de curent continuu a fost redusă la 24 sau 48 V, ceea ce a simplificat de asemenea instalația de curent continuu din stație.

Prefabricarea elementelor de stații

Ca urmare a creșterii continue a volumului de lucru în montajul stațiilor de transformare, ca și pentru a asigura o calitate mai bună a lucrărilor, în cadrul Trustului de construcții și montaje energetice a apărut necesitatea introducerii pe scară largă a prefabricării pe cale industrială a unor subansamble mari din stațiile electrice.

Pentru ca această acțiune să-și atingă scopul, era necesar ca prefabricarea să cuprindă acele subansamble care, sub un volum relativ mic și ușor transportabil cu mijloace auto sau pe calea ferată, să cuprindă cantitățile cele mai mari posibile de manoperă calificată, care în acest fel era eliminată de pe șantier.

Pe baza acestor principii au fost realizate și puse în fabricație :

— celule prefabricate deschise de interior de 6—15 kV;

— panouri tipizate pentru comandă, protecție și automatizare;

— cutii de cleme pentru stații exterioare de 35 și 110 kV.

Pentru stațiile de mai mică importanță s-au realizat :

— celule prefabricate de exterior de 6—15 kV ;

— dulapuri de exterior pentru aparatajul de comandă, măsură și protecție aferent celulelor de 35 și 110 kV;

— cabine pentru tabloul de supraveghere, baterii de acumulatoare etc.

Subansamblele respective au fost astfel realizate, încît, prin compunerea lor, să se realizeze stații de transformare cu maximum de elemente prefabricate. În acest sens, și circuitele secundare aferente diverselor elemente au fost coordonate atît ca schemă cît și ca notații. Rezultatele obținute au fost următoarele :

a) Proiectarea instalațiilor s-a simplificat considerabil întrucît proiectantul nu mai trebuie să elaboreze planuri și detalii de montaj pentru subansamblele prefabricate. În același timp a crescut și calitatea proiectelor, iar prin utilizarea subansamblelor tip se asigură o unificare a soluțiilor din proiecte, lucru deosebit de important, dat fiind numărul relativ mare al institutelor și secțiilor de proiectare din țara noastră.

b) Se simplifică execuția deoarece toate elementele se execută centralizat într-un atelier dotat cu utilajele și personalul calificat necesar. Numărul tipurilor fiind limitat, tehnologia fiecărui subansamblu poate fi precis stabilită, iar cantitatea relativ mare de prefabricate solicitată asigură atelierului o producție de serie.

c) Crește calitatea lucrărilor. Execuția fiind centralizată și asigurată cu utilajul și personalul calificat necesar, controlul este mai ușor de efectuat și condițiile sînt total diferite de condițiile de montaj de pe șantier.

d) Scade sensibil consumul de manoperă pe șantier. Prin reducerea numărului muncitorilor se simplifică problemele de fond de salariu, cazare, hrană etc.

e) Crește considerabil viteza de execuție a lucrărilor prin eliminarea unui însemnat volum de manoperă de pe șantier, în special manoperă calificată.

Celule prefabricate deschise de interior

Cea mai avantajoasă metodă de introducere a prefabricării în montajul stațiilor de 6—15 kV interioare este prefabricarea integrală a celulelor, ceea ce simplifică la maximum operațiile de montaj pe șantier.

Celulele care se prefabrică în mod obișnuit sînt de tipul închis, care, pe lîngă o serie de avantaje, prezintă și unele dezavantaje, cum ar fi :

— nu există posibilitatea supravegherii directe a aparatajului în timpul funcționării ;

— nu sînt puse deocamdată în fabricație celule speciale necesare în anumite situații (de exemplu în cazul curenților nominali mai mari de 1 000 A, al instalațiilor cu sistem dublu de bare) ;

— nu este pusă la punct fabricația de celule închise pentru tensiunea de 15 kV.

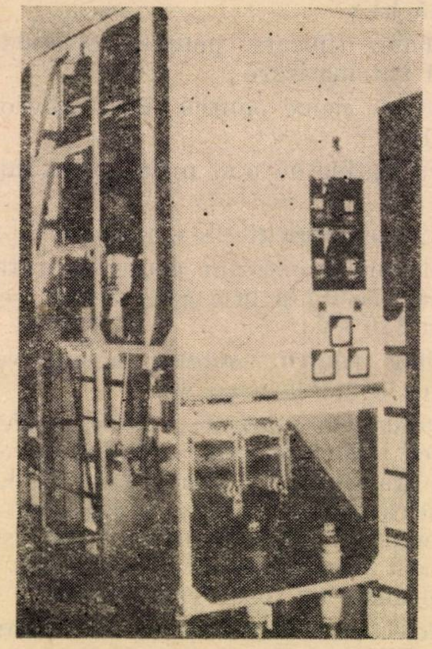


Fig. 1.

Întrucît unitățile de exploatare din țara noastră au insistat în multe cazuri asupra posibilității de supraveghere a instalațiilor, s-a pus la punct fabricarea unor celule deschise, ca cele redate în figura 1.

Celulele se fabrică pentru tensiuni nominale de 6—10—15 kV și sînt destinate a vehicula puteri pînă la 16—20 MVA. Se fabrică toate tipurile de celule necesare într-o stație (linie, transformator, cuplă, măsură etc.), atît în varianta cu sistem simplu de bare cît și în varianta cu sistem dublu de bare colectoare.

Celulele se echipează cu întrerupătoare cu ulei puțin, avînd o putere de rupere de 200 MVA la 6 kV și 400 MVA la 15 kV. Întrerupătoarele sînt montate pe cărucioare debroșabile, ceea ce ușurează considerabil operațiile de revizie și reparații. S-au prevăzut totuși separatoare de bare, chiar și în cazul sistemului simplu de bare colectoare, pentru următoarele motive :

— se ușurează trecerea ulterioară la sistemul dublu de bare colectoare ;

— în cazul întreruperii unui circuit în scopul unei manevre, este relativ mai comodă acționarea unui separator decît extragerea unui cărucior din contacte.

Celulele complet echipate au o greutate maximă de 1 500 kg, iar dimensiunile sînt : lățimea 1 250 mm, adîncimea 1 800 mm, înălțimea 3 000 mm. Aceste dimensiuni, relativ reduse pentru o celulă deschisă, au fost realizate printr-o distribuire judicioasă a aparatajului, deși nu s-au utilizat aparate speciale. Dimensiunile celulelor au fost astfel alese, încît, la trecerea rețelelor de 15 kV la 20 kV, va fi posibilă echiparea lor și cu aparataj de 20 kV.

În executarea celulei au fost larg utilizate profilele din tablă îndoită, care asigură rezistența mecanică necesară la un consum redus de material feros. Numai căruciorul întrerupătorului este realizat din profile laminate. Pereții despărțitori se execută din tablă de oțel, ceea ce permite să fie livrați gata montați pe celulă. Placa despărțitoare dintre separator și barele colectoare a fost dublată cu azbociment, pentru a asigura o mai bună protecție împotriva extinderii arcului la bare.

Ca o particularitate constructivă, barele colectoare au fost montate direct pe izolatoarele de trecere.

Celulele au fost prevăzute cu toate blocajele necesare pentru a se preîntîmpina manevrele greșite.

Realizarea celulei ca un ansamblu complet așezat pe un singur palier a constituit un succes remarcabil în acțiunea de prefabricare, întrucît se elimină problemele legăturilor între paliere și se economisește spațiul clădit. În cazul instalațiilor cu sistem dublu de bare colectoare, la această dispoziție liniile trebuie să fie racordate în cablu.

Celulele au un aspect favorabil, după cum se poate vedea din figura 2, care prezintă un aspect dintr-o stație construită cu asemenea celule.

Prin folosirea celulelor prefabricate de interior, timpul de montaj al unei stații se reduce considerabil, după cum se poate vedea din figurile 7 și 8, iar consumul de manoperă la montaj pe șantier se reduce de la 1 716 oameni-zile la 810 oameni-zile. Ca urmare a scurtării duratei de execuție, regia de șantier scade corespunzător. Celulele prefabricate au prețuri fixe, funcție de tensiunea nominală, curentul nominal, complexitatea celulei, dictată de destinația ei, circuitele de protecție și automatizare adoptate etc.

Aceste prețuri depășesc cu circa 10% prețurile vechilor tipuri de celule executate la fața locului, însă această creștere este pe deplin compensată de scurtarea timpului de execuție, reducerea regiei de șantier și creșterea calității lucrărilor.

Panouri tipizate pentru comandă, protecție și automatizare

Panourile se prefabrică în țara noastră din 1953, însă nu pe bază de elemente-tip, ci pentru fiecare lucrare în parte. Începînd cu anul 1962, s-au introdus în fabricație panouri tipizate.

Pe baza proiectului-tip de circuite secundare elaborat de ISPE, s-au prelucrat variantele posibile și s-a ajuns la concluzia că toate cazurile normale de panouri de comandă pentru stații de 110 kV pot fi cuprinse în patru variante de panouri tip, și anume :

— un panou pentru trei linii și măsură de 110 kV ;

— un panou pentru transformator de 110/35/6 sau 110/35/15 kV ;

— un panou pentru patru linii și măsură de 35 kV ;

— un panou de semnalizări centrale.

Variantele de mai sus asigură, prin diverse combinații, executarea oricăror tablouri de comandă pentru stații de transformare cu bare simple de 110/35/15/6 kV (la stațiile de 6 sau 15 kV s-au adoptat comenzile locale).

Pentru panourile de protecție, situația este mai complexă. Într-adevăr, ca urmare a multiplelor variante de protecții care pot apărea la un același circuit primar — de exemplu la transformator — a apărut necesară stabilirea a 46 tipuri de panouri de protecție pentru transformatoare și linii de 110 sau 35 kV.

În mod similar, pentru stațiile de 35/15/6 kV, 35/15 sau 35/6 kV, s-au stabilit șase variante de tablouri de comandă și 16 variante de panouri de protecție.

Aceste variante, fără a acoperi totalitatea cazurilor care pot apărea, asigură totuși realizarea majorității camerelor de comandă de la stațiile de 110/35/15(6) kV, 35/15/6 kV și 35/15(6) kV cu bare simple.

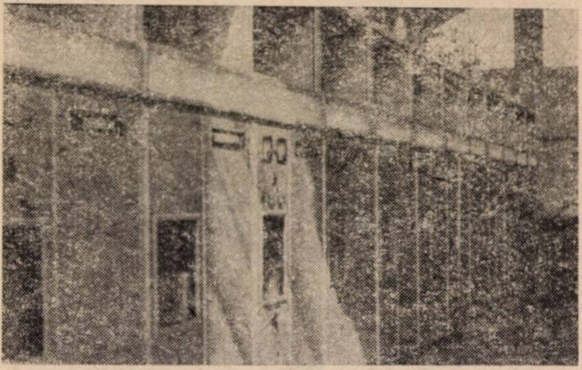


Fig. 2.

Timpul necesar pentru proiectarea unui panou a fost redus de la circa 200 ore la cîteva ore necesare pentru alegerea variantei de catalog și stabilirea limitelor de reglaj ale releelor respective.

De remarcat că s-a trecut de la executarea circuitelor secundare după metoda pachetelor plate la executarea lor în cablaj industrial — execuție care reduce sensibil cantitatea de manoperă, menținînd calitatea lucrării și asigurînd totodată o posibilitate mai ușoară pentru verificarea traseului firelor, ca și pentru o eventuală înlocuire a lor.

În prezent se studiază introducerea pachetelor de conductor în canale din material plastic, care, în afara avantajelor menționate mai sus, ameliorează aspectul estetic și feresc pachetele de conductor de deteriorări.

Pentru a se ușura munca constructorilor de panouri, în prezent se studiază confecționarea panourilor din subansamble funcționale.

În acest mod, panoul urmează a fi constituit dintr-un schelet portant, pe care se montează rame conținînd elemente de protecție, ca : protecție maximală temporizată, blocaj de minimă tensiune, protecție direcțională, protecție diferențială etc.

Calculele făcute pe baza primelor încercări au dus la concluzia că cu 17 asemenea rame se pot acoperi variantele de protecții, afară de protecția de distanță, care trebuie oricum executată separat.

Chiar fără această simplificare, prin tipizarea variantelor de panouri, în afară de o însemnată reducere a muncii proiectanților, s-a realizat o substanțială ușurare a muncii constructorilor de panouri, pentru care fiecare panou executat nu mai prezintă un unicat, ci se poate monta pe baza unei tehnologii amănunțite, îmbunătățită pe bază de experiență.

În figura 3 se prezintă un aspect dintr-o stație electrică executată cu asemenea panouri.

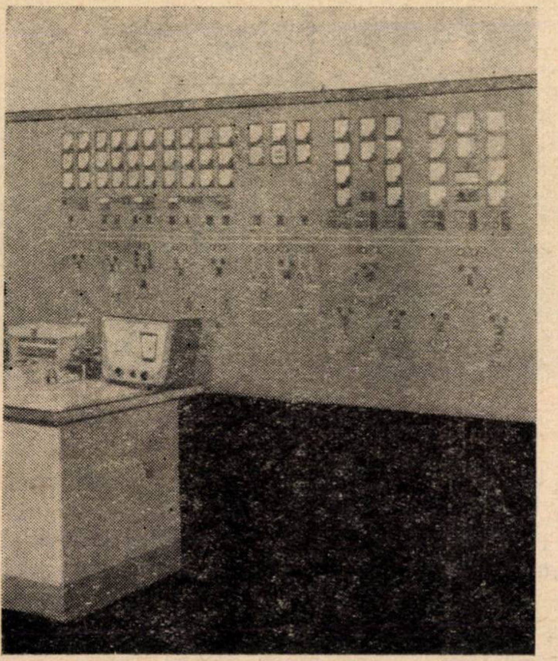


Fig. 3.

Elemente prefabricate pentru stații fără clădire

Este cunoscut că unul din elementele care cer cea mai mare cantitate de manoperă și care întîrzie cel mai mult execuția stațiilor de transformare este clădirea stației. Chiar și execuția unei clădiri din elemente prefabricate din beton armat necesită un volum relativ mare de manoperă.

Pentru a se elimina aceste neajunsuri, s-au pus în fabricație în țara noastră celule prefabricate închise pentru montaj în exterior de 6 și 15 kV, precum și cabine destinate să adăpostească panourile de supraveghere, bateriile de acumulatoare etc., astfel încît să fie posibilă realizarea unor stații de transformare fără nici un fel de clădire zidită.

Celulele utilizate inițial numai în stațiile de 35/6 kV au fost extinse și la anumite stații de 110/35/6 kV, de importanță redusă sau cu caracter provizoriu. O stație de 110/6 kV, 10 MVA, cu cinci linii de 6 kV, echipată cu asemenea celule de exterior, a fost montată, de la începerea lucrărilor de fundații și pînă la darea în funcțiune, în 32 zile.

Celule prefabricate de exterior

Celulele de 6 și 15 kV sînt de tipul cu aparatajul montat fix, instalat în cabine metalice. Ca și în cazul celulelor de interior, s-au realizat ansamble complete incluzînd aparatele de comandă, protecție și măsură.

Pentru a se proteja aparatajul secundar împotriva intemperiilor și a variațiilor mari de temperatură, acesta a fost introdus într-o cutie separată, prevăzută cu orificii de ventilație și rezistență de încălzire. De altfel, întreaga cabină este astfel construită, încît pătrunderea precipitațiilor atmosferice să nu fie posibilă, și este prevăzută cu orificii de ventilație, izolări termice și rezistențe de încălzire care nu permit condensarea vaporilor în interiorul cabinei.

Celulele au dimensiunile 1 250 ×1 800 ×3 200 mm și sînt prevăzute cu uși atît în față cît și în spatele celulei (fig. 4). Cele din față asigură accesul la dispozitivele de acționare a aparatajului primar și la cutia cu aparataj secundar, iar cele din spate — blocate în funcție de poziția separatoarelor de bare și de linie — permit accesul la aparatajul de înaltă tensiune, montat în celulă pentru revizii și lucrări de întreținere.

În ultimii ani s-au utilizat pînă la 600 bucăți de asemenea celule anual, ele fiind folosite atît în stații de transformare cît și pe derivațiile liniilor de electrificare rurală, în posturi de transformare etc.

O completare la aceste cabine, apreciată pozitiv de exploatare, au constituit-o coridoarele acoperite, fie laterale — pentru un șir de celule (fig. 5) — fie centrale, cînd celulele se montează pe două rînduri.

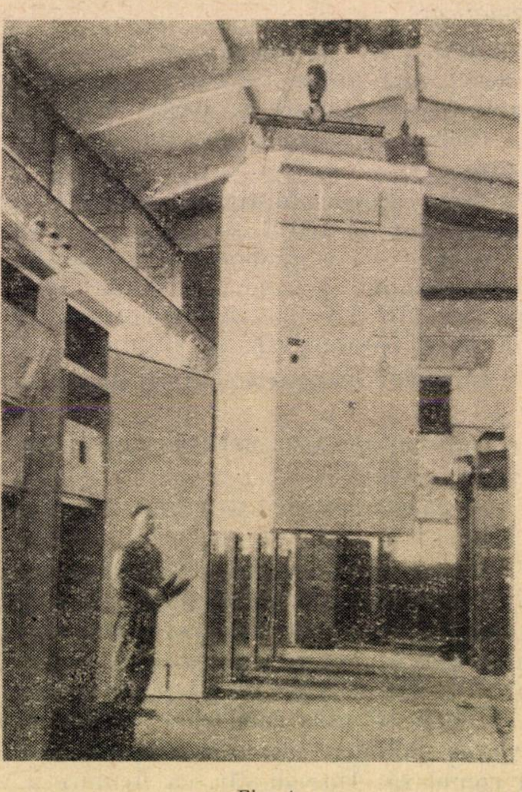


Fig. 4.

Ele se realizează cu ajutorul unor elemente de pereți și de acoperiș din tablă – în cazul culoarului central numai acoperiș — care se atașează cabinelor propriu-zise.

Dulapuri de exterior pentru aparate de comandă, măsură și protecție

Acestea au fost realizate pentru stațiile echipate cu cabine de exterior, cînd nu se mai justifică executarea unei clădiri numai pentru camera de comandă. Sînt în esență dulapuri metalice, echipate cu aparataj de comandă, măsură și semnalizare.

Dulapurile, ca și cabinele, sînt prevăzute cu izolație termică (perne de aer), orificii de ventilație și rezistențe de încălzire, care asigură condiții bune de funcționare chiar și pentru aparatura sensibilă (fig. 6).

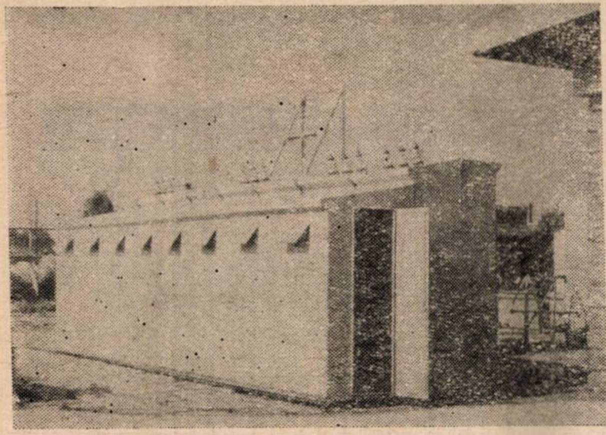


Fig. 5.

Cu scopul de a se evita încălzirea excesivă în timpul verii, s-au prevăzut orificii de ventilație pentru a asigura circulația aerului și acoperiș dublu pentru a compensa încălzirea datorită radiației solare. Rezistențele de încălzire asigură temperatura minimă de funcționare în timpul iernii, menținînd în permanență o temperatură interioară cu 2°C mai ridicată decît temperatura ambiantă, ceea ce împiedică orice condensare de vapori.

Și echipările electrice ale acestor dulapuri sînt tipizate în mai multe variante, asigurînd comanda, protecția și măsura atît pentru liniile de 110 și 35 kV cît și pentru transformatoarele de putere.

De asemenea a fost pusă la punct o serie de cabine de exterior destinate a adăposti tablourile centrale de supraveghere, precum și bateriile de acumulatoare. Ca și dulapurile și celulele de exterior, aceste cabine sînt prevăzute cu instalații de încălzire și ventilație necesare pentru asigurarea condițiilor de funcționare cerute de aparatajul respectiv.

În acest mod s-a ajuns la executarea unor stații de transformare exterioare, fără nici un fel de clădire zidită și utilizînd maximul de elemente prefabricate.

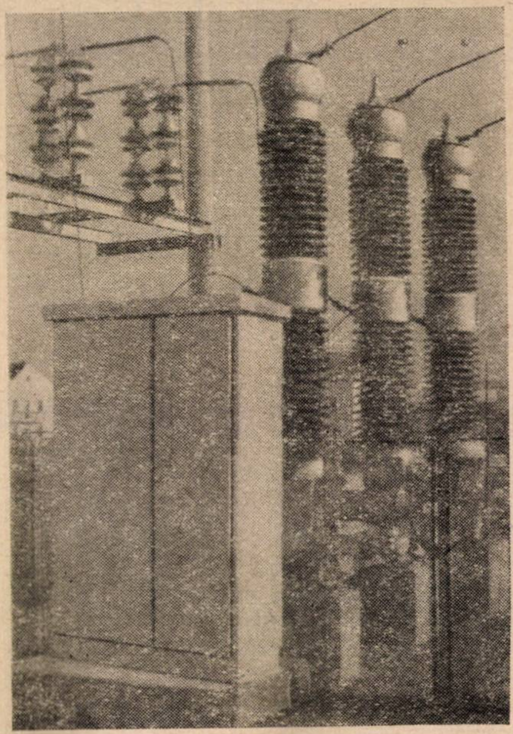


Fig. 6.

La aceste stații, durata de execuție, precum și consumul de manoperă de șantier au fost și mai mult reduse, după cum se poate vedea din figura 9, unde se indică variația forțelor de muncă pe șantier.

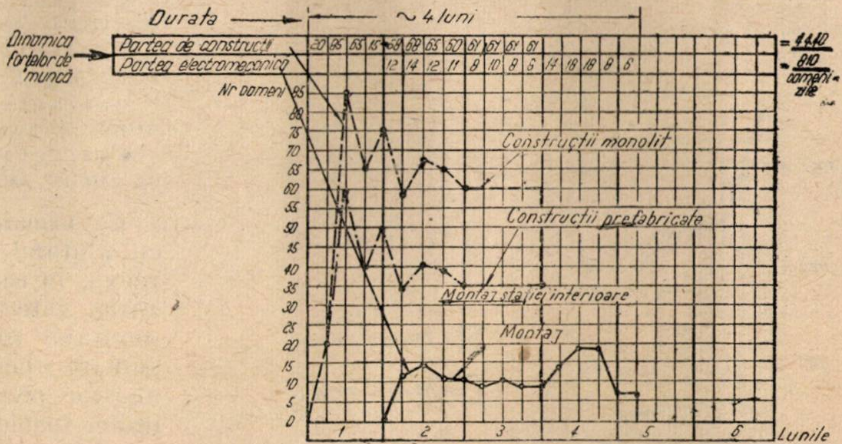


Fig. 7. Graficul dinamicii forțelor de muncă la execuția unei stații interioare cu clădirea și montajul executate pe șantier.

În figura 10 sînt indicate valorile manoperei de execuție pe șantier și duratele de execuție

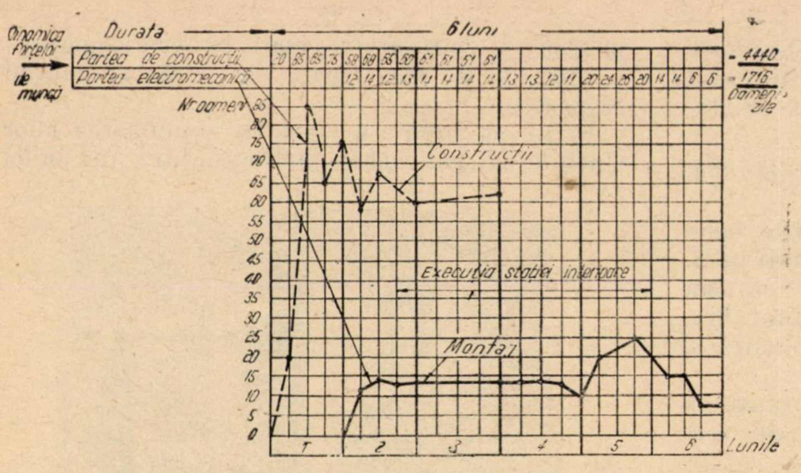


Fig. 8. Graficul dinamicii forțelor de muncă la execuția unei stații interioare cu clădirea monolit sau din elemente prefabricate. Montajul cu celule prefabricate de interior.

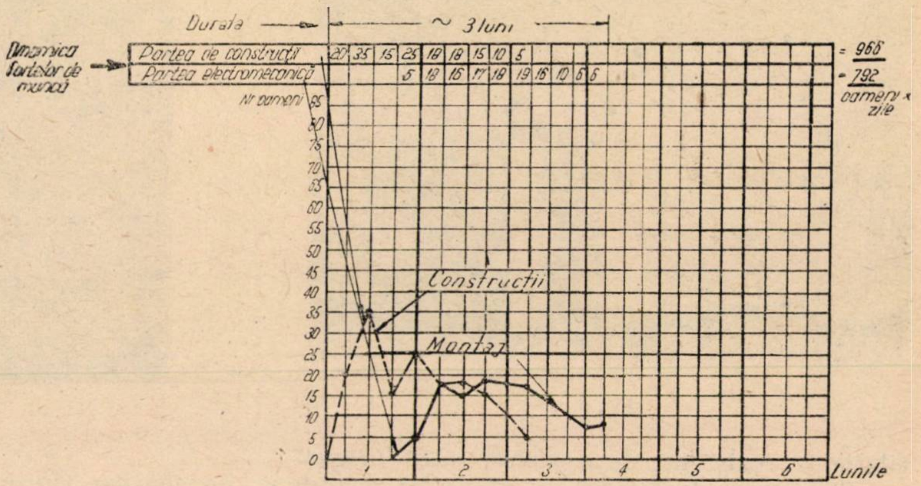


Fig. 9. Graficul dinamicii forțelor de muncă la o stație executată cu celule prefabricate de exterior, fără clădire.

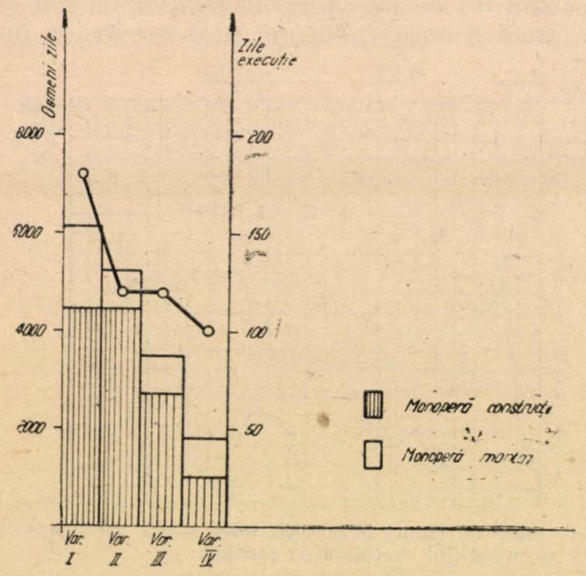


Fig. 10. Consumul de manoperă pe șantier pentru o stație convențională:

var. I – construcție și montaj executate la fața locului; var. II – construcție executată la fața locului, montaj cu celule prefabricate; var. III – construcție din prefabricate de beton, montaj cu celule prefabricate; var. IV – stații cu celule de exterior.

a unei stații convenționale în patru variante, și anume:

Varianta I: stație cu clădire din cărămidă și montaj executat la fața locului (tehnologia din anul 1960).

Varianta II: stație cu clădire din cărămidă și cu celule prefabricate de interior.

Varianta III: stație cu clădire din elemente prefabricate și cu celule prefabricate de interior.

Varianta IV: stație executată cu celule prefabricate de exterior, fără clădire.

Ca urmare a avantajelor multiple obținute cu ajutorul subansamblelor prefabricate complexe, în cadrul M.M.E.E. s-a trecut la utilizarea intensivă a acestor prefabricate la montajul stațiilor de transformare și în prezent se studiază modernizarea și perfecționarea acestor prefabricate în scopul obținerii unor indici tehnico-economici și calitativi superiori.

Fabricarea subansamblelor prefabricate mari

Toate elementele prefabricate menționate au fost executate în atelierele „Progresul” ale Întreprinderii de confecții metalice și prefabricate nr. 7, din cadrul TCME. Aici au fost realizate și detaliile de execuție a majorității elementelor. Totodată a fost adusă o serie de îmbunătățiri proiectelor inițiale, printre care trebuie menționată înlocuirea profilelor laminate prin profile din tablă îndoită și realizarea unor finisări (vopsitorie, inscripții etc.) de calitate superioară și aspect plăcut.

Creșterea însemnată a cererilor de subansamble mari prefabricate a ridicat importante probleme de organizare și tehnologie a producției. Măsurile tehnico-organizatorice luate în acest scop la atelierele ,,Progresul'' au permis mărirea producției la 500 celule în 1963, concomitent cu asigurarea calității cerute.

În prezent, în cadrul acestor ateliere se studiază îmbunătățirea tehnologiei de fabricație, astfel încît majoritatea proceselor de producție să poată fi realizate prin metode de lucru specific industriale.

Concluzii

Ca urmare a tipizării soluțiilor s-au putut introduce în fabricație industrială, în cadrul TCME, subansamble mari de stații de transformare, cum sînt :

— celule prefabricate deschise de interior, precum și celule prefabricate pentru montaj în exterior pentru 6 și 15 kV, transportabile pe cale ferată și complet echipate atît cu aparatajul de înaltă tensiune cît și cu comutația secundară respectivă ;

— panouri și dulapuri de comandă, măsură și protecție pentru stații de 110 și 35 kV, cu bare colectoare simple, cu clădire și fără clădire.

Elementele mari prefabricate prezintă numeroase avantaje, care fac ca ele să fie utilizate pe o scară din ce în ce mai largă în montajul stațiilor de transformare din țara noastră.

Din EXPLOATARE

Un caz particular de variaţie a consumului specific de combustibil pentru producerea căldurii

Ing. **Vladimir Nicu**

Într-o anumită etapă de dezvoltare a alimentării cu căldură a unei întreprinderi industriale, livrarea căldurii poate avea loc și direct din conducta colectoare a unei centrale cu condensație, aflată în apropiere. Soluția mai jos descrisă s-a aplicat în baza concluziilor studiilor tehnico-economice, din care a rezultat că instalarea de grupuri de termoficare nu se justifică în prima etapă luată în considerare.

Dezvoltarea în perspectivă a consumului întreprinderii va putea însă impune reconsiderarea soluţiei de alimentare cu căldură, trecîndu-se în final la instalarea de grupuri de la prizele sau contrapresiunea cărora va fi preluat consumul de căldură respectiv.

Cazul la care se referă lucrarea de faţă constă în alimentarea cu căldură a unei întreprinderi industriale de la o centrală termoelectrică cu condensaţie de tip vechi, direct din conducta colectoare, parametrii aburului fiind 15 ata, 360°C.

O problemă care se pune o dată cu darea în exploatare a acestui sistem de alimentare cu căldură este determinarea consumurilor şi producţiei centralei aferente exclusiv alimentării cu căldură. Cunoaşterea acestor consumuri permite stabilirea indicilor tehnico-economici, dintre care cel mai important este consumul specific de combustibil convenţional, exprimat în kg c.c./Gcal.

Lucrarea de faţă îşi propune să stabilească variaţiile consumului specific de combustibil care pot interveni într-un astfel de caz particular.

Stabilirea expresiei consumului specific

Se consideră schema termică de principiu redată în figura 1. Cazanele C_1,..., C_n alimentează grupurile turbogeneratoare cu condensaţie existente în centrală, iar cazanul C_T alimentează consumatorul de căldură P; pe partea de abur este prevăzută separarea lui C_T de restul de cazane prin ventilul V.

O parte din aburul livrat consumatorului este întors la centrală sub formă de condensat, cu o anumită temperatură Acoperirea pierderilor de condensat se face printr-o instalaţi de epurare separată, în care se aplică procedeul var-sodă

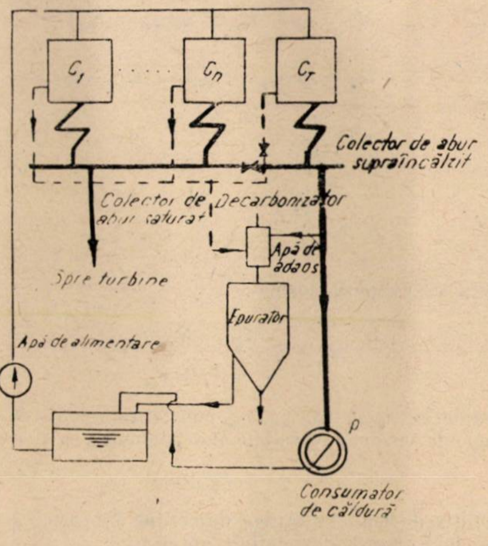


Fig. 1. Schema termică de principiu a unei centrale termoelectrice vechi, la care s-a racordat un consumator de căldură.

fosfat. Pentru încălzirea şi degazarea apei, instalaţia de epurare este prevăzută cu un decarbonizator. Aburul necesar se ia dintr-o conductă colectoare de abur saturat, pe care debitează o parte din cazane. Cazanul C_T nu debitează abur saturat, pentru a nu se depăşi temperatura de supraîncălzire a aburului.

Căldura livrată consumatorului termic este dată de expresia:

$$q_l = D_0\, i_0 - D_r\, i_r \text{ [kcal/h]}, \tag{1}$$

iar căldura consumată corespunzătoare, prin expresia:

$$q_c = \frac{D_r(i_0 - i_r)}{\eta_c} + (D_0 - D_r)\left[(i_{ep} - \bar{t}_{ad})\left(\frac{1}{\xi\cdot\eta_c\cdot\eta_{ep}\cdot\eta_{cd}} - 1\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{i_0 - i_{ep}}{\eta_c}\right] \text{[kcal/h]} \tag{2}$$

În relaţiile (1) şi (2), notaţiile au următoarele semnificaţii:

D_0 – debitul de abur la plecare din centrală spre consumatorul termic, kg/h;
i_0 – entalpia aburului la plecare, kcal/kg;
D_r – debitul de condensat returnat, kg/h;
i_r – entalpia condensatului returnat, kcal/kg;
η_c – randamentul cazanului C_T (care alimentează cu căldură consumatorul);
i_{ep} – entalpia apei de adaos epurate, kcal/kg;
$\bar{t}_{ad}$ – entalpia apei brute, kcal/kg;
ξ – raportul dintre randamentul cazanelor care debitează abur saturat în decarbonizator şi randamentul cazanului C_T;
η_{ep} – randamentul epuratorului;
η_{cd} – randamentul conductelor.

Consumul specific de combustibil convenţional aferent căldurii livrate este dat de expresia:

$$q_T = 143\,\frac{q_c}{q_l}\left[\frac{\text{kg c.c.}}{\text{Gcal}}\right]; \tag{3}$$

în care q_c şi q_l s-au definit anterior.

Adoptînd notaţiile:

$$\varphi = \frac{1 - \xi\cdot\eta_c\,\eta_{ep}\,\eta_{cd}}{\xi\cdot\eta_{ep}\,\eta_{cd}} \tag{4}$$

$$M_\varphi = i_0 - i_{ep} + \varphi\,(i_{ep} - \bar{t}_{ad})$$
$$N_\varphi = \varphi\,(i_{ep} - \bar{t}_{ad}) - (i_{ep} - i_r) \tag{5}$$

$$x = \frac{D_r}{D_0}$$

$$k = \frac{143}{\eta_c},$$

expresia (3) capătă forma:

$$q_T = k\,\frac{M_\varphi - N_\varphi\cdot x}{i_0 - i_r\cdot x}. \tag{6}$$

Considerînd i_0, i_r, η_c, η_{cd}, η_{ep} constante, rezultă că expresia (6) depinde de două variabile independente, φ şi x:

$$q_T = f(\varphi, x).$$

Condiţia de mai sus atrage după sine faptul că φ depinde numai de ξ, parametru definit anterior.

Din punct de vedere practic, interesează cum variază q_T cu x la diverse valori ale lui ξ şi pentru care valoare a lui ξ, q_T nu depinde de x.

Derivata întîia a expresiei (6), în raport cu x, este:

$$\frac{\partial q_T}{\partial x} = k\,\frac{i_r\cdot M_\varphi - i_0\,N_\varphi}{(i_0 - i_r\cdot x)^2}$$

care, datorită faptului că numărătorul nu depinde de x, complică analiza. Întrucît în intervalul $0 < x < 1$, q_T este continuă, iar la o anumită valoare a lui ξ derivata îşi păstrează semnul, este comod, pentru analiză, a lua în considerare:

$$\left.\frac{\partial q_T}{\partial x}\right|_{x=0} = \frac{k}{i_0}\left(\frac{i_r}{i_0}\,M_\varphi - N_\varphi\right). \tag{7}$$

Această expresie poate fi negativă, nulă sau pozitivă pentru anumite valori ale lui φ sau, în ultimă instanţă, ale lui ξ. Valoarea lui φ, pentru care q_T nu depinde de x, rezultă din anularea lui (7), din care se obţine, ţinînd seamă de expresiile M_φ şi N_φ, scrise anterior:

$$\varphi_k = \frac{i_{ep}}{i_{ep} - \bar{t}_{ad}}, \tag{8}$$

iar din (4) valoarea lui ξ corespunzătoare:

$$\xi_k = \frac{1}{\eta_{ep}\,\eta_{cd}\,(\varphi_k + \eta_c)}. \tag{9}$$

Mai departe, se află randamentul cazanelor care debitează abur saturat în decarbonizatorul epuratorului:

$$\eta_{ck} = \xi_k\cdot\eta_c. \tag{10}$$

Expresia lui q_T, independentă de x, este:

$$q_T = k = \frac{143}{\eta_c} = \text{const.}$$

Dreapta $q_T = \text{const.}$ poate fi considerată limita teoretică a domeniului care corespunde cazurilor întîlnite în practică. În acest domeniu, consumurile specifice cresc cu creşterea lui x. Cazurile reale, desigur, se situează în zona ξ aproape de 1.

Un exemplu numeric va ilustra cele enunţate anterior.

Exemplu numeric

Se dau:

$\eta_c = 0{,}85$; $\eta_{cd} = 0{,}995$; $\eta_{ep} = 0{,}96$; $i_0 = 750$ kcal/kg; $i_r = 80$ kcal/kg; $i_{ep} = 100$ kcal/kg; $\bar{t}_{ad} = 15$ kcal/kg.

Pentru cîteva valori ale lui ξ, s-au calculat expresiile φ, M_φ, N_φ şi q_T, rezultatele fiind date în tabela următoare:

ξ	0,516*	0,8	1
φ	1,175	0,458	0,197
M_φ	750	688,9	666,74
N_φ	80	18,9	−3,26
$q_T = f(x)$	$\frac{143}{\eta_c} = 168{,}2$	$168{,}2\,\frac{688{,}9 - 18{,}9x}{750 - 80.x}$	$168{,}2\,\frac{666{,}74 + 3{,}26.x}{750 - 80.x}$

Expresiile obţinute pentru q_T s-au reprezentat grafic în figura 2.

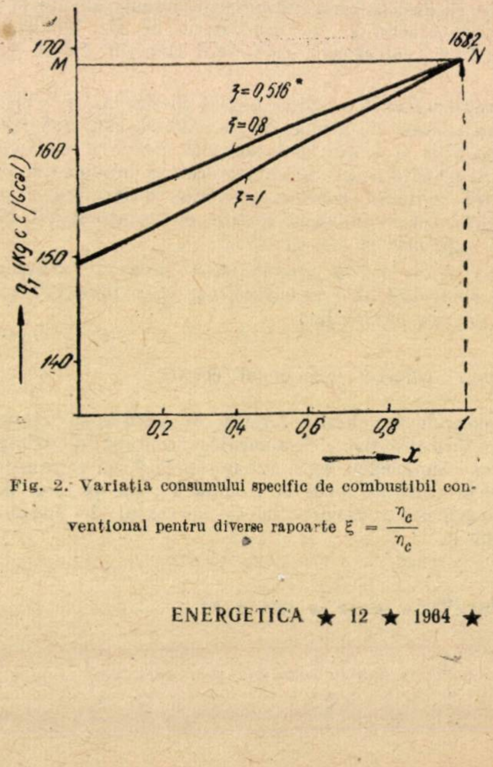


Fig. 2. Variaţia consumului specific de combustibil convenţional pentru diverse rapoarte $\xi = \frac{\eta_c}{\eta_c}$

Expresia lui q_T, independentă de x, se obține pentru $\xi = 0{,}516^*$, valoare obținută în felul următor:
Conform (8):

$$\varphi_k = \frac{100}{100 - 15} = 1{,}175,$$

iar conform (9):

$$\xi_k = \frac{1}{0{,}96 \cdot 0{,}995\,(1{,}175 + 0{,}85)} = 0{,}516^*.$$

Aceste condiții se obțin cînd randamentul cazanelor care debitează abur saturat în decarbonizator ar fi, conform (10):

$$\eta_{ck} = 0{,}516 \cdot 0{,}85 = 0{,}439,$$

ceea, ce evident, trebuie considerat ca o limită teoretică.

Concluzii

Stabilirea precisă a variațiilor consumului specific pentru producerea căldurii este importantă în cadrul exploatării unui sistem de alimentare cu căldură. După cum a rezultat din deducțiile matematice și din exemplul numeric, influența debitului relativ de condensat returnat poate varia funcție de valoarea randamentelor cazanelor care debitează abur saturat în epurator. De acest lucru trebuie neapărat să se țină seamă, mai ales că variațiile acestui indice se reflectă în prețul de cost al întreprinderii furnizoare de căldură și, legat de aceasta, în aplicarea unui sistem premial în raport cu activitatea personalului de exploatare.

Cronică

Sesiunea tehnico-științifică a Institutului de studii și proiectări hidroenergetice (ISPH)

În zilele de 13 și 14 martie 1964 au avut loc lucrările sesiunii tehnico-științifice a ISPH, în care s-au prezentat unele rezultate importante obținute în cadrul institutului în domeniul proiectării, studiilor de teren și cercetărilor de laborator efectuate pentru construcțiile hidroenergetice.

La ședința de deschidere s-a prezentat un referat de sinteză privind activitatea institutului (director tehnic Fl. Iorgulescu), iar după salutul unor invitați de la M.M.E.E., C.N.I.T., Academia R.P.R., Institutul politehnic, Consiliul Central al Sindicatelor, Întreprinderea de construcții hidroenergetice, s-au comunicat patru referate cu caracter general, și anume:

— Calculul economic al echipamentului și construcțiilor hidroenergetice (prof. dr. D. Pavel);

— Aplicarea tehnicii noi în proiectarea uzinelor hidroelectrice (ing.-șef A. Nourescu);

— Concepții moderne aplicate la construcția barajelor în arc din țara noastră (conf. ing. R. Prișcu);

— Concepții moderne în proiectarea amenajărilor hidroenergetice (ing. S. Bogdan și ing. M. Sipiceanu).

Lucrările sesiunii au continuat apoi în cinci secții de specialitate, în care s-au prezentat peste 70 de referate și comunicări oglindind preocuparea lucrătorilor institutului pentru rezolvarea problemelor tehnice și științifice legate atît de direct de sarcinile concrete de producție cît și de aspectele generale ale progresului tehnic.

În secția 1 — Hidraulică aplicată s-au prezentat 11 referate, în legătură cu studiile, cercetările și încercările pe modele efectuate de secția de hidraulică a ISPH și în legătură cu studiile hidrologice și măsurătorile hidrometrice făcute pentru amenajările hidroenergetice, proiectate de ISPH. Dintre acestea se menționează referatele:

— Observații asupra metodicii de măsurare și prelucrare a pulsațiilor de presiune (ing. D. Bratosin, H. Kifner, V. Coliban), în care se prezintă metodica de măsurare a pulsațiilor de presiune prin traductori și aparatură electronică specială, precum și prelucrarea oscilogramelor pulsațiilor de presiune în laboratorul hidraulic al institutului.

— Considerații privind dimensionarea hidraulică a barajelor deversoare de mică înălțime (ing. Radu Mihai), în care, pe baza a numeroase încercări și măsurători efectuate pe modele, se trag concluzii asupra tipului optim de profil deversant, cu o capacitate mare de evacuare și cu investiții reduse.

— Observații asupra granulometriei aluviunilor în suspensie și concepții în proiectarea denisipatoarelor la centrale termo și hidroelectrice (ing. P. Wiesner).

— Probleme de dimensionare a hidrocicloanelor și posibilități de utilizare la captările centralelor termoelectrice (ing. S. Tănase).

De asemenea s-au mai prezentat referate în legătură cu aspecte ale fenomenelor de iarnă pe Dunăre, prelucrarea datelor hidrologice cu ajutorul calculatorului cifric, mișcările permanente în albii dechise ș.a.

În secția a 2-a — Instalații hidroenergetice s-au prezentat 11 referate, dintre care cinci se referă la domeniul hidromecanic, iar șase la cel electric.

Dintre referatele mai interesante amintim:

— Considerații critice privind diagramele și formulele existente pentru determinarea turației specifice la turbinele hidraulice (ing. Gh. Opriș), în care, pe baza analizei metodelor existente și compararea acestora cu datele turbinelor Francis realizate în ultimii ani, se fac recomandări privind metodele cele mai indicate de adoptat.

— Soluții de principiu privind comanda centralizată și automatizarea completă a UHE Bistrița aval (ing. H. Lazăr).

— Stadiul actual al construcției hidrocentralelor cu turbine bulb și posibilități de aplicare în R.P.R. (ing. M. Pavel).

— Soluții moderne pentru excitarea hidrogeneratoarelor și reglajul tensiunii (ing. Gr. Marinescu, ing. M. Radovici).

Celelalte referate au tratat probleme actuale și importante pentru institut ca criterii pentru alegerea stavilelor și mecanismelor de acționare, privire critică asupra echipamentelor mecanice și electrice ale UHE de pe Bistrița proiectate și executate în R.P.R., utilizarea hidrogeneratoarelor drept compensatoare sincrone, proiectarea părții electrice a UHE Porțile de Fier ș.a.

În secția a 3-a — Construcții hidroenergetice s-au prezentat 16 referate, care oglindesc preocuparea lucrătorilor institutului pentru introducerea de soluții la nivelul tehnicii actuale în proiectarea și executarea construcțiilor hidroenergetice, ținînd seama de comportarea în exploatare a obiectelor executate. Dintre referatele prezentate se citează:

— Comportarea barajului arcuit Negovanu în primii trei ani de exploatare (ing. A. Petcu, ing. St. Căciulescu).

— Ecrane de etanșare în aluviuni prin șanțuri forate și betonate (ing. L. Mihăescu, ing. A. Petrescu).

— Calculul stabilității taluzelor de pămînt utilizînd calculatoare electronice (ing. M. Georgescu, ing. Amaftiesei, ing. N. Safta).

— Tipuri moderne de baraje pentru atenuarea viiturilor şi asigurarea de apă industrială realizate la Reşiţa şi Hunedoara (ing. Fl. Constantinescu, ing. J. Ilie).

— Arhitectura complexelor hidroenergetice (arh. N. Petrescu).

Alte referate au expus unele probleme în legătură cu realizările şi preocupările institutului ca: deversorul unui baraj cu pile ciupercă, tendinţe moderne în domeniul centralelor subterane, proiectarea şi realizarea captărilor şi aducţiunilor secundare la amenajările hidroenergetice, galerii experimentale cu cămăşuială din beton precomprimat, reţele de microtriangulaţie pentru urmărirea deformaţiilor la baraj, ş.a.

În secţia a 4-a — Materiale de construcţii şi încercări pentru construcţii hidroenergetice s-au prezentat 16 referate. Acestea se refereau la cercetări asupra betonului hidrotehnic, barajelor, de pămînt, modelarea în proiectarea construcţiilor hidrotehnice, probleme de cimenturi, izolaţii şi chimie în construcţii hidrotehnice, aparatura modernă pentru cercetări de betoane hidrotehnice ş.a.

Dintre referatele prezentate se amintesc:

— Încercarea pe model structural a barajului Vidraru (ing. I. Toma şi ing. D. Toma).

— Aparat pentru determinarea deformaţiilor în masivele de beton (ing. L. Ghitta, ing. D. Dragomir).

— Posibilitatea utilizării unor cimenturi fabricate în R.P.R. la construcţiile hidrotehnice supuse la agresivitatea sulfatică (ing. M. Nadu).

— Studii experimentale privind sufozitatea pămîntului cu granulaţie fină (ing. V. Colpaci).

— Unele consideraţii referitoare la metoda răcirii iniţiale a betonului masiv (ing. E. Juster).

— Date experimentale privind rezistenţele la îngheţ-dezgheţ ale betoanelor (ing. Ida Dumitrescu).

— Rezultatele studiilor întreprinse pentru realizarea unei protecţii a betonului supus la uzură şi şoc (ing. C. Drăghicescu).

În celelalte referate s-au tratat probleme referitoare la încercarea pe model din plexiglas a unui baraj tip cuvă, consideraţii asupra aplicării metodelor fotoelastice în studierea elementelor construcţiilor hidrotehnice, observaţii pentru determinarea limitelor de plasticitate a pămînturilor argiloase, metodă de separare a granulelor necorespunzătoare ca formă din agregatele pentru betoane ş.a.

În secţia a 5-a — Probleme de fundaţii şi geologie, cele 16 referate au tratat probleme de geologie structurală rezultate în urma studiilor de teren efectuate pentru diferite lucrări hidroenergetice, metode de determinare a coeficienţilor geotehnici, tratarea terenului şi tehnologia de executare a forajelor de studii. Dintre referatele prezentate se menţionează:

— Determinarea rezistenţelor rocilor la forfecare-lunecare pentru construcţiile hidroenergetice din beton (ing. C. Văduva, ing. D. Rădulescu, ing. T. Vlăduţ).

— Contribuţii la tectonica granitului de Muntele Mare-Someş şi consecinţele acestor tectonici la realizarea construcţiilor hidroenergetice (geolog I. Bordea).

Date asupra structurii geologice a regiunii Căpîlna — Săscior din Munţii Sebeş (geolog St. Fotti, Gh. Sorca).

— Asupra unor deformări de suprafaţă în cristalinul epizonal din bazinul superior al Rîului Mare şi consecinţa lor pentru construcţiile hidrotehnice proiectate (geolog St. Comeagă).

— Lucrări de consolidare şi de etanşare a rocilor de fundaţii ale barajelor din R.P.R. (ing. Al. Diacon, ing. M. Postelnicu, ing. M. Georgescu, ing. C. Constantinescu).

— Utilizarea forajului cu alice cilindrice de oţel (ing. A. Cosma).

— Observaţii geologice şi hidrologice între Straja şi Piatra Neamţ (dr. I. Băncilă, geolog E. Corciu).

— Privire de ansamblu asupra metodelor de încercare „in situ'' şi în laborator în mecanica rocilor (ing. V. Metaxa).

*

La lucrările sesiunii au participat academicieni, oameni de ştiinţă, cadre din învăţămîntul superior, specialişti ai altor institute şi întreprinderi din Capitală şi din alte oraşe ale ţării.

Discuţiile purtate asupra problemelor prezentate au scos în evidenţă nivelul tehnic şi ştiinţific ridicat al referatelor expuse, munca asiduă şi sistematică de documentare efectuată de referenţi, aducînd în acest mod o contribuţie valoroasă la necesităţile institutului.

Sesiunea tehnico-ştiinţifică a ISPH a arătat preocuparea lucrătorilor institutului pentru aplicarea metodelor şi procedeelor tehnice celor mai avansate la elaborarea proiectelor, studiilor şi cercetărilor pentru construcţia uzinelor hidroelectrice din ţara noastră şi aportul lor la progresul tehnic în domeniul hidroenergetic.

Conf. ing. **A. Cogălniceanu**

DOCUMENTARE

Electroenergetică

Usev, S. V., Pavlov, G. M. şi Kantan, V. V. **Rezolvarea problemei repartiţiei optime a sarcinilor active pe calculatoare analogice.** Izvestiia Akademii Nauk SSSR, Energhetika i Transport nr. 6, 1963.

Sînt analizate posibilităţile de rezolvare a problemei repartiţiei optime cu ajutorul calculatorului analogic ANRAN, construit de către un colectiv al Institutului politehnic din Leningrad. Se compară diverse scheme-bloc de rezolvare în funcţie de numărul de elemente de calcul necesare. De asemenea se prezintă schemele structurale pentru rezolvarea aceleiaşi probleme în cazul existenţei centralelor termoelectrice cu consum impus de combustibil şi a centralelor hidroelectrice cu consum de apă limitat. Factorul de penalizare pentru pierderi este considerat prin reprezentarea reţelei pe un model în curent continuu. Elementele modelului sînt obţinute din elementele reţelei cu ajutorul unor transformări neliniare, ceea ce permite să se ţină seamă de neomogeneitatea reţelei. Se indică timpii necesari de calcul obţinuţi pe calculatoarele ANRAN, care în prezent se folosesc în două sisteme energetice ale U.R.S.S.S.

a.p.

Brown H., Carter, G. K., Happ, H. H. şi Person, C. E. **Rezolvarea problemei circulaţiilor de putere printr-o metodă iterativă folosind matricea impedanţă.** IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems nr. 65, aprilie 1963.

Autorii descriu un nou program pentru calculul regimului de funcţionare a sistemelor electroenergetice. Metoda de calcul este iterativă şi foloseşte matricea impedanţelor proprii şi de transfer.

Se compară rezultatele obţinute prin această metodă şi prin metoda iterativ-nodală ce foloseşte matricea admitanţă, arătîndu-se avantajele metodei descrise în articol.

Se arată că folosirea drept criteriu de convergenţă a balanţei de putere pe sistem în locul criteriului ce foloseşte diferenţa dintre tensiunile obţinute în două iteraţii consecutive evidenţiază în plus avantajele metodei.

Programul scris pentru calculatorul IBM 704 permite rezolvarea unei reţele cu 150 de noduri şi 350 linii, necesitînd o memorie operativă, 32768 adrese şi două unităţi de memorie externă.

În discuţiile interesante purtate pe marginea articolului se evidenţiază existenţa unei a treia metode de rezolvare a problemei ce conţine elemente atît din matricea [Z] cît şi din matricea [Y], iar ca timp de calcul fiind intermediară între cele două metode. *a.p.*

Klescinski, A. I. **Organizarea proiectării, execuţiei şi exploatării reţelelor electrice în Republica Socialistă Cehoslovacă.** Energohozeaistvo za rubejom nr. 5, 1963, p. 38—41.

În prezent, în R.S.C. a fost realizată electrificarea totală a întregului teritoriu al ţării, de 128 000 km². Treptele de tensiuni sînt următoarele : 3—5—6—10—15—22—35—110—220 şi 380 kV. Se preconizează gruparea şi reducerea treptelor de tensiuni: joasă tensiune — 220 şi 380 V; înaltă tensiune —6 şi 22 kV; foarte înaltă tensiune — 110, 220 şi 380 kV.

La finele anului 1961, densitatea reţelelor era următoarea : categoria 1-a — 1 km/1 km²; categoria a 2-a — 1 km/2,1 km²; categoria a 3-a — 1 km/14,2 km².

70% din consumul total de energie electrică revine consumatorilor industriali. Consumul specific de energie electrică în agricultură este de 62 kWh/ha. Reţelele de 110 kV şi mai mult sînt proiectate de instituţia centrală de proiectare, cele de tensiuni inferioare intrînd în sfera organizaţiilor energetice regionale. Execuţia primelor cade în sarcina Direcţiei centrale de construcţie şi montaj. Dispecerul naţional se găseşte la Praga, iar cele trei puncte principale zonale de dispecer, în Moravia, Cehia şi Slovacia.

Ţara este împărţită în zece întreprinderi energetice regionale, care acoperă în medie o suprafaţă de 12 000 km². Spre exemplu, uneia dintre aceste întreprinderi îi revin 11 000 km² cu o populaţie de 1,2 mil. locuitori. Punctul cel mai depărtat se găseşte la 90 km. Cele 31 de centrale electrice ale întreprinderii (cu precădere hidraulice) au o putere instalată de 480 MW. Lungimea reţelei este de 91 km de 380 kV; 62 km de 220 kV; 715 km de 110 kV; 5 450 km de 3—35 kV; 2 250 km de 3—35 kV în cabluri; 11 900 km linii de joasă tensiune; 246 km linii de joasă tensiune în cabluri; 3 190 puncte de transformare de 3—35 kV cu o putere totală de 260 MVA. Staţii de transformare: una de 220/110/35 kV, şapte de 110/22—35 kV, douăzeci şi una de 35/10—35 kV, însumînd 330 MVA.

d. bf.

Lebedev, B. P. **Adoptarea tensiunii de 750 kV ca tensiune nominală în treptele de tensiuni internaţionale.** Elektricestvo nr. 12, 1963, p. 33—36.

În 1954, Comisia Electrotehnică Internaţională (CEI) a adoptat ca treaptă de tensiune nominală internaţională tensiunea de 380/400 kV, existentă în acea vreme numai în Suedia. Discuţii referitoare la tensiuni superioare au început să fie purtate în anii 1958—1959, apoi la sesiunea CIGRE 1960 şi la sesiunea CEI 1961, fiind dezbătute în Comitetul pentru tensiuni foarte înalte CIGRE în 1962 şi culminînd cu dezbaterile oficiale în această problemă purtate la sesiunea plenară CEI de la Bucureşti din 1962. Necesitatea unor trepte de tensiuni superioare a fost determinată de dezvoltarea sistemelor energetice naţionale, perspectiva interconectării unora dintre ele, transportul energiei la distanţe foarte mari, unificarea echipamentului pentru uşurarea comerţului internaţional, uşurarea activităţii de cercetare şi de execuţie a echipamentului etc.

În U.R.S.S.S. a fost pusă în funcţiune în 1959 prima linie electrică aeriană de 500 kV, în 1963 lungimea totală a liniilor de această tensiune atingînd 7 000 km.

Tensiuni superioare acestei trepte apar în prezent ca necesare, în afară de U.R.S.S., în Canada, S.U.A., Anglia şi în viitor în R.A.U. (după punerea în funcţiune a UHE de la Asuan). Tensiunea de 500 kV a fost adoptată, la propunerea U.R.S.S., de către CEI în 1961. Pentru trepte superioare acestei tensiuni, discuţiile au fost contradictorii. În U.R.S.S., prin GOST 721—62 s-a adoptat treapta de 750kV. La sesiunea extraordinară a comitetului pentru tensiuni foarte înalte al CEI din noiembrie 1962, la care U.R.S.S. a susţinut adoptarea treptei de 750 kV (susţinută şi de R.S.C.), celelalte ţări au votat pentru tensiunea de 700 kV. S-a adoptat rezoluţia de compromis, ambele tensiuni fiind adoptate. Astfel, treptele de tensiuni foarte înalte, oficial adoptate de CEI pînă în prezent, sînt (datele subliniate corespund treptelor oficiale adoptate de U.R.S.S.): *220*/245; 275—287,5/300; *300*—345/362; 380—400/420; *500*/525; 700—*750*/765 kV. Prima linie electrică aeriană de 750 kV va fi realizată, în U.R.S.S., pentru transportul energiei de la CET Konakovsk la Moscova (termen de punere în funcţiune 1965).

d. bf.

* * * **Problema transportului la foarte înaltă tensiune.** Westinghouse Engineer **23** (1963), nr. 2, p. 54—58.

În S.U.A., sistemul de transport de foarte înaltă tensiune a marcat în 1962 introducerea treptei de 345 kV, următoarele trepte care urmează a fi luate în consideraţie fiind 500 kV pentru 1965 şi 700 kV pentru 1970. Din 1946 sînt continuu în curs de efectuare încercări experimentale cu linii de 500 kV (Proiectul Tidd şi Leadville High-Altitude). În prezent, încercările de la Apple Grove extind domeniul cercetat pînă la tensiuni de 775 kV.

Capacitatea unui sistem de transport este definită în funcţie de puterea naturală (P_c) care este 2,5 kV² pentru linii cu conductoare simple şi 3 kV² — 3,9 kV² pentru linii cu conductoare jumelate. Liniile cu lungimea de 100 mile pot fi încărcate la 2 P_c, cele de 200 mile la 1,5 P_c, cele de 300 mile la 1 P_c. Liniile scurte sub 100 mile pot fi încărcate pînă la 4 P_c. Aceasta face ca la tensiunea de 500 kV capacitatea de transport să fie de circa 2000 MW la 100 mile, 1300 MW la 200 mile şi 700 MW la 400 mile, iar la 700 kV valorile respective 4200 MW, 2700 MW şi 1500 MW.

Justificarea tehnico-economică a unei reţele de foarte înaltă tensiune, care trebuie să fie în general dublul celei mai mari valori existente în sistem, nu poate fi obţinută decît pe baza unor studii de largă perspectivă de 10 pînă la 20 ani.

Factorii care pot pleda pentru un nivel superior de tensiune sînt: necesitatea utilizării unor surse de producere economică situate la distanţă mare de centrele de consum, necesitatea interconexiunilor între sisteme mari pentru a-şi asigura colaborarea mutuală, micşorarea rezervei comune, construcţia unor centrale mai mari şi dezvoltarea unor reţele magistrale. Drepturile de trecere pot şi ele, în anumite condiţii, impune alegerea unei trepte superioare de tensiune, care să implice un număr mai redus de linii. Studiile comparative bazate pe un indice economic (lei/kWh) nu sînt suficiente, ci trebuie să se recurgă la tehnici mai avansate, puse la punct în ultimul timp pentru a determina economicitatea sistemului în ansamblu.

Calculul comparativ al transportului de energie cu transportul de combustibil sau cu centrale atomoelectrice indică o sarcină economică de circa 1200 MW pentru tensiunea de 500 kV şi 3200 MW pentru 700 kV. La o treaptă dată de tensiune şi pentru a transporta puterea optimă menţionată mai sus, costul specific variază liniar cu distanţa.

La funcţionarea interconectată a mai multor sisteme prin apariţia unei reţele magistrale de interconexiune se permite realizarea unor economii importante în funcţionarea sistemului.

Aceşti factori trebuie neapărat avuţi în vedere la calculul tehnico-economic. În cazul specific, economiile rezultate anual au fost de 9 000 000 dolari, adică 10% din valoarea actuală a întregii lucrări de extindere a reţelei.

a.r.

Termoenergetică

Şapiro, I. V. **Cu ce grupuri trebuie dezvoltată energetica noastră.** Teploenerghetika **10** (1963), nr. 11, p. 86—89.

La Plenara din noiembrie a C.C. al P.C.U.S. s-a arătat că pentru îndeplinirea Directivelor Congresului al XXII-lea privind sistemul de creştere a producţiei de energie electrică, trebuie să se asigure următorul plan de punere în funcţiune de puteri în energetică: în 1963 peste 9 000 MW, în 1965 peste 13 000 MW, în perioada 1965—1970 circa 22 000—25 000 MW, pe fiecare an. Acest plan de perspectivă nu poate fi practic realizat cu grupuri de 200 MW şi nici chiar cu grupuri de 300 MW.

După datele cercetărilor efectuate, puterea unitară a unui agregat nu trebuie să depăşească 4—6% din puterea totală a sistemului. Ţinînd seamă de dezvoltarea sistemelor energetice, în U.R.S.S. se pot utiliza în prezent pe scară largă grupuri de 500 MW, iar la finele septenalului va fi posibilă montarea de grupuri de 800 MW din punctul de vedere al mărimii sistemelor energetice. Mărirea puterii agregatelor permite creşterea productivităţii uzinelor constructoare de turbine ca putere totală a turbinelor fabricate şi totodată conduce la reducerea costului construcţiei centralelor electrice şi a termenelor de realizare.

Prin urmare, nu apare necesară proiectarea turbinelor de 300 MW la parametrii aburului 130 ata, 565/565°C. Sînt strict necesare proiectarea şi fabricarea turbinelor de 500 MW pe o singură axă şi a turbinelor de 800 MW pe două axe la parametrii 240 ata, 580/565°C.

Ţinînd seamă de întîrzierile care au avut loc în ultimii ani la construirea centralelor electrice în cazul folosirii de echipamente energetice noi, la parametri ridicaţi, este necesară urgentarea fabricării de turbine, cazane, generatoare şi utilaj auxiliar, precum şi construirea în termene cît mai scurte de centrale electrice în care să se monteze grupurile cap de serie de 500 şi 800 MW.

Se menţionează că este posibil ca grupurile de 500 MW la parametrii 170 ata, 565/565°C să poată fi utilizate cu succes în centralele electrice din Siberia, dacă se va dovedi că este oportună folosirea unor parametri mai scăzuţi în zonele cu combustibili ieftini. Apare necesară accelerarea studiilor avînd ca obiect stabilirea parametrilor pentru grupurile de 500 MW ce urmează a se instala în aceste zone.

h. f.

Ploskovitov, M. A. şi Glebov, V. P. **Agregat de cazan de 1600 t/h la parametri supracritici.** Energomaşinostroenie nr. 12, 1963, p. 1–4.

Secţiunea din Moscova a ŢKTI şi Uzinele de construcţii de maşini din Podolsk au întocmit proiectul tehnic pentru cazanul prototip (Пл – 1600/255) de 1 600 t/h cu circulaţie forţată, pentru funcţionarea bloc cu grupul turbogenerator de 500 MW (*K* – 500 – 240).

Aburul, la ieşire din cazan, are parametrii 255 ata şi 565°C, iar după supraîncălzire intermediară, 44 ata şi 570°C. Temperatura apei de alimentare este de 255°C.

Specificaţie	Agregatul de cazan Пл – 1600/255			
	Cărbune brun		Antracit praf (cu uscare)	Păcură
Combustibil	Bazinul Nazarovsk (cu uscare)	Bazinul Itatsk (cu uscare)		
Putere calorifică inferioară, kcal/kg	4616	4626	6287	9170
Randament brut, %	93,3	93,4	92,2	93,7
Tipul preîncălzitorului de aer	regenerativ			
Temperatura, °C				
– aer cald	335	335	350	371
– gaze la ieşire la coş	135	135	126	139
– gaze la ieşire din focar	1225	1228	1266	1326
Suprafeţe de încălzire de calcul, m²				
– camera focarului	3434	3434	3434	3434
– supraîncălzitor paravan	5032	5032	5032	5032
– supraîncălzitor de convecţie	1720	1720	1720	2520
– supraîncălzitor intermediar	10980	10980	10980	10980
– economizor	7680	7680	7680	10080
– preîncălzitor de aer	193000	193000	193000	193000
– schimbător de căldură abur-abur	1170	1170	1170	1170
– by-pass de abur de supraîncălzire intermediară în schimbătorul de căldură abur-abur, %	20	20	33	23

Cazanul este proiectat pentru funcţionare pe cărbune şi în variantă pentru funcţionare pe păcură şi gaze, acesta din urmă păstrînd dimensiunile şi dispoziţia corpurilor principale, fundaţiile şi aproape toate suprafeţele de încălzire ale cazanului pe cărbune. Cazanul proiectat pentru funcţionare pe cărbune brun de Nazarovsk, cu puterea calorifică de 4616 kcal/kg, poate funcţiona în condiţii bune şi pe praf de antracit, fără a fi necesare modificări constructive. La cazanul proiectat pentru funcţionare pe păcură şi gaze s-au prevăzut două antefocare orizontale tip ciclon, în care se face arderea cu exces mic de aer (1,05) şi temperaturi înalte, reducîndu-se în mod considerabil formarea SO_3 şi coroziunea preîncălzitorului de aer.

Caracteristicile funcţionale şi constructive ale cazanului pentru diferite tipuri de combustibil sînt date în tabela de mai sus.

t.n.

Kerţelli, I. L. **Utilizarea instalaţiilor cu ciclu abur-gaze la centrale industriale de termoficare.** Promîşlennaia energhetika 12, 1963, p. 17–21.

Instalaţiile cu cicluri combinate abur-gaze depăşesc ca economicitate atît instalaţiile cu turbine cu gaze, cît şi cele cu turbine cu abur, chiar la parametrii supracritici, considerate separat.

Utilizarea instalaţiilor cu ciclu abur-gaze permite să se mărească într-o măsură apreciabilă producţia de energie electrică pe unitatea de căldură livrată la consumator.

Institutul ,,Promenergoproiekt'' a întocmit două proiecte-tip pentru centrale de termoficare cu ciclu abur-gaze, folosind drept combustibil gaze naturale :

– Centrala tip CET–12, cu următorul echipament principal :

– două generatoare de abur de cîte 50 t/h, 40 ata, 440°C ;

– un grup turbogenerator cu turbină cu gaze tip ГТ–700–1,5 ;

– un cazan de abur de 50 t/h, 40 ata, 440°C ;

– un grup turbogenerator de 6 MW cu turbină cu abur cu contrapresiune 1,2 ata şi priză reglată la 10 ata ;

– un grup turbogenerator de 6 MW cu turbină cu abur cu contrapresiune la 5 ata.

– Centrala tip CET-24, cu următorul echipament principal :

– două generatoare de abur de cîte 120 t/h, 100 ata, 540°C ;

– un grup turbogenerator cu turbină cu gaze tip ГТ–700–4 ;

– un cazan de abur de vîrf şi rezervă de 75 t/h, 15 ata, 250°C ;

– un grup turbogenerator de 12 MW cu turbină cu abur cu contrapresiune la 1,2 ata şi priză reglată la 7 ata ;

– un grup turbogenerator de 12 MW cu turbină cu abur cu contrapresiune la 7 ata şi priză reglată la 13 ata.

Indicii tehnico-economici de proiect ai acestor centrale, comparativ cu indicii corespunzători ai centralelor tip cu abur, sînt daţi în tabela următoare :

Specificaţie	CET–12		CET–24	
	abur-gaze	abur	abur-gaze	abur
Putere instalată, MW	15	12	32	24
Parametrii iniţiali ai aburului, ata/°C	35/435	35/435	90/535	90/535
Producţia anuală de energie electrică, GWh	84,0	68,1	172,1	126,1
Căldură livrată anual, mii Gcal	414	414	653	653
Consum specific de combustibil convenţional :				
– pentru energia electrică livrată, g/kWh	160,5	174,5	162	169,5
– pentru căldura livrată, kg/Gcal	168	172,5	167	170
Investiţii specifice în CET, ruble/kW	166	174	115	135
Preţ de cost al energiei livrate :				
– electrică, cop./kWh	0,359	0,373	0,312	0,325
– termică, ruble/Gcal	2,725	2,790	2,590	2,717
Consumul specific de metal pentru instalaţiile termomecanice şi conducte din clădirea principală (excl. epurarea chimică), kg/kW	51,3	106,0	49,0	113,0
Volumul specific al clădirii principale (exclusiv epurarea chimică), m³/kW	1,91	2,16	0,163	0,208

Din această tabelă se constată avantajele centralelor de termoficare cu ciclu abur–gaze faţă de cele cu abur. Instalaţiile cu ciclu abur–gaze sînt indicate a fi folosite la CET cu parametrii medii şi ridicaţi ai aburului, la care se folosesc drept combustibil gazele naturale.

t.n.

Forney, R. şi Niepenberg, H. **Comanda şi supravegherea arzătoarelor la cazanele pe gaze şi păcură cu un debit de 500 t/h.** B.W.K. **15** (1963), nr. 6 p. 288–293.

La o centrală nouă au fost instalate cazane Benson, cu un debit maxim de 500 t/h, putînd arde atît păcură cît şi gaze, pentru întregul debit al cazanului.

Fiecare cazan este echipat cu 16 arzătoare combinate, dispuse simetric pe frontul cazanului, la patru nivele. Fiecare rînd de arzătoare este prevăzut cu un podest, astfel încît întregul front al arzătorului este circulabil.

Fiecare arzător are racorduri de gaz de aprindere, gaz principal, păcură şi abur de pulverizare. Arderea este complet automatizată, astfel încît toate organele de reglaj, închidere şi siguranţă sînt prevăzute cu elemente de acţionare electrice sau electropneumatice.

Gazul are înaintea arzătorului 0,7 at, iar păcura, avînd temperatura de 95–130°C, este pulverizată cu abur de 15 at, preluat de la cazan. Arzătorul combinat conţine un injector central de păcură şi opt injectoare de gaz, dispuse în cerc în jurul injectorului de păcură. Fiecare arzător poate prelucra 3 280 Nm^3/h gaz sau 2 250 kg/h păcură. De asemenea, fiecare arzător este echipat cu o instalaţie completă de aprindere şi supraveghere a flăcării.

Instalaţiile de siguranţă sînt concepute pentru a cerceta de la începutul operaţiilor de punere în funcţiune, starea de funcţionare a cazanului, a focarului, a drumurilor de combustibil şi a combustibililor înşişi. Aceste instalaţii sînt grupate în patru sisteme : aerisirea cazanului ; alegerea combustibilului ; siguranţa ; comanda arzătoarelor şi supravegherea flăcărilor.

Ca exemplu se indică condiţiile puse pentru decurgerea normală a aerisirii şi de care depinde darea semnalului de sfîrşit al aerisirii :

— cazanul oprit : întregul sistem de siguranţă oprit ;
— un ventilator de aer în funcţiune ;
— un ventilator de gaze de ardere în funcţiune ;
— toate registrele de aer de la arzătoare deschise ;
— fiecare ventil de gaze de la arzătoare închis ;
— fiecare ventil de păcură de la arzătoare închis ;
— vana principală de închidere a gazului închisă ;
— vana principală de închidere a păcurii închisă ;
— vana principală de închidere a gazului de aprindere închisă ;
— debitul de apă mai mare ca 40% ;
— preîncălzitoarele de aer se rotesc ;
— conţinutul de CO sub 0,3%.

Instalaţia de comandă a arzătoarelor acestor cazane, care se apropie mult de funcţionarea ideală complet automatizată a cazanului, este astfel concepută încît perechile de arzătoare pot fi oprite sau pornite direct de regulatorul de sarcină, după un program dat. La totalul de 16 arzătoare pe cazan, fiecare pereche de arzătoare corespunde la 12,5% din sarcina maximă.

a.m.

Wickert, K. **Procedee mai noi cu aditivi pentru reducerea coroziunilor şi murdăririlor produse la arderea păcurii.** B.W.K. 15 (1963), nr. 6, p. 299–307.

Pentru evitarea sau reducerea coroziunilor şi murdăririlor, produse în focare sau pe paletele turbinelor cu gaze de către produsele de ardere a combustibililor lichizi grei, se pot utiliza aditivi. Aceştia sînt oxizi sau substanţe anorganice care se transformă în flacără în oxizi cu o mare activitate superficială. Prin adeziune şi forţe de legătură chimice, se influenţează comportarea la topire parţială a cenuşilor de păcură, reducîndu-se astfel coroziunile şi murdăririle.

Din punctul de vedere al exploatării, cel mai simplu este dacă aditivii se pot introduce direct în păcură.

Aditivii noi care au fost puşi la punct sînt SiO_2, Al_2O_3 şi $MgCO_3$ sau MgO. Cu aceste substanţe s-au obţinut dispersii coloidale cu mărimea particulelor pînă la 150 µm şi cu o suprafaţă specifică mai mare ca 25 m^2/g. Anumite substanţe au particule sub 100 µm, a căror suprafaţă este de 50 m^2/g. Aceşti aditivi măresc temperaturile parţiale de topire ale cenuşilor în aşa măsură, încît în zona paletelor sau a suprafeţelor cazanului nu mai au loc fenomene de topire parţială. Prin aceasta se reduc la minimum murdăririle şi coroziunile.

a.m.

Wolff, W. **Cazane autoportante pentru combustibili lichizi şi solizi.** B.W.K. **15** (1963), nr. 6, p. 307–312.

Un tip constructiv mai nou de cazan, căruia i se acordă importanţă în anumite cazuri speciale, este cazanul autoportant. Acesta este un cazan cu ţevi de apă, ale cărui caracteristici sînt : construcţie complet sudată şi autoportantă, adică lipsită de scheletul de rezistenţă propriu-zis, tamburul este eliberat din circuitul propriu-zis al apei, care îl ocoleşte. Aceste principii s-au dovedit utile, şi în prezent se construiesc astfel de cazane pentru domeniile cele mai diferite.

Acest tip de cazan se pretează în mod deosebit pentru aşa-numitele construcţii compacte („packaged"). Desigur că, pentru o anumită valoare a debitului, nu mai este posibil să se transporte cazanul ca o piesă unică, dar şi sub această limită, din motive de dimensiuni, adesea nu este posibil sau recomandabil să se efectueze transportul în bloc. Corpul cazanului compact este o construcţie rigidă, care la nevoie poate fi înclinat sau răsturnat şi chiar poate fi descompus în mai multe părţi rigide, transportabile. Se citează cazul unui astfel de cazan, de 140 t/h, 22 at, 370°C, împărţit pentru transport numai în trei părţi : tamburul, focarul şi suprafeţele drumului al doilea de gaze.

Alte cazane de acest tip, construite recent, sînt :

— Un cazan de 35/40 t/h, 71 at, 500°C, cu grătar rulant, putînd arde şi lemn, pentru o sarcină maximă de 30 t/h.

— Un cazan de 25 t/h, 42 at, 475°C, cu grătar înclinat pentru deşeuri de lemn. Grătarul fiind răcit cu conducte cuprinse în sistemul de circulaţie, cazanul poate consuma şi păcură, pentru jumătate din sarcină, fără nici o măsură specială.

— Cazanul de 140 t/h, amintit anterior, prevăzut pentru arderea păcurii. Caracteristica lui specială este de a avea arzătoarele pe fundul focarului, flacăra dezvoltîndu-se vertical în sus.

— Un cazan de 8 t/h, 45 at, 400°C, pentru păcură, avînd focarul deosebit de lung. Cazanul acesta funcţionează cu focarul sub presiune.

a.m.

Hoppe, J. **Calculul de elasticitate al conductelor pretensionate cu flanşe, cu ajutorul maşinilor electronice.** B.W.K. 15 (1963), nr. 7, p. 331–337.

Calculul de elasticitate al unei conducte funcţionînd cu medii calde este o problemă static nedeterminată, care cere un consum mare de timp de calcul, chiar în cazurile mai simple. Pentru scurtarea acestui timp, au fost puse la punct numeroase procedee de calcul aproximativ, care însă nu dădeau satisfacţie, deoarece rezultatele lor prezintă diferenţe prea mari faţă de valorile reale. În acelaşi timp, aceste procedee nu pot fi aplicate tuturor configuraţiilor de conducte.

Folosirea maşinilor electronice de calcul dă posibilitatea aplicării procedeelor exacte de calcul.

Vitezele mari de calcul care se pot obţine cu astfel de maşini permit nu numai soluţionarea unor cazuri complexe, ci, la cazuri mai simple, pot servi la calculaţii menite să îmbunătăţească efectul pretensionării. De asemenea se pot rezolva probleme care, prin calcul manual, erau insolubile, ca de exemplu calcularea unei conducte care, pe lîngă două puncte fixe la capetele tronsonului, mai are un punct fix intermediar, sub forma unei legături secundare la un aparat sau o maşină.

S-a putut ajunge astfel şi la alte metode de proiectare. Pînă nu de mult, toate conductele funcţionînd la cald erau pretensionate cu 50% din dilatarea lor termică, în scopul reducerii solicitării. La temperaturi mai mari, pretensionarea a fost mărită pînă la 100%.

Deoarece pretensionarea nu are efect total, azi se pretensionează cu 50% şi conductele funcţionînd la temperaturi joase.

a.m.

Voigt, R. **Revaporizarea particulelor de umiditate apărute în timpul destinderii în ultimele trepte ale turbinelor cu condensaţie** Elektrizitätswirtschaft, **62** (1963), nr. 1, p. 5–11.

Prin activarea condensării aburului eşapat de la turbine cu condensaţie se obţine o îmbunătăţire a randamentului.

În aburul umed al turbinelor cu condensație iau naștere picături. Acestea, de la o anumită mărime în sus (5.10^{-3} cm), nu mai constituie nuclee de condensare, ci provoacă o întîrziere a condensării aburului.

S-a constatat însă că, injectînd în aburul de eșapare condensat foarte fin pulverizat, de exemplu cu ajutorul unei pompe de injecție de motor Diesel, presiunea în ștuțul de eșapare scade, adică se activează sensibil condensarea. Aceasta se datorește faptului că particulele din condensatul pulverizat devin nuclee de condensare.

Cînd aburul de eșapare are 10% umiditate, cantitatea de condensat care trebuie pulverizată este de circa 20% din cantitatea totală de condensat și apare necesar ca această cantitate să fie răcită înainte de injecție, cu întregul flux de apă de răcire.

S-a mai constatat că o presiune de 10 at este suficientă pentru injecție, deși la injectare cu o pompă de motor Diesel picăturile mult mai fine permit reducerea debitului de condensat injectat.

După calculele și încercările preliminare, consumul de putere pentru injecție este de cîteva ori mai mic decît creșterea de putere obținută prin îmbunătățirea condensării. La un debit de 10 000 kg/h condensat, consumul de putere pentru injecție ar fi de 5,5 kW, pe cînd sporul de putere este de 30 kW.

Dispozitivul se montează în ștuțul de eșapare, sub forma unor țevi cu găuri fine. Nu pot apărea dificultăți în exploatarea turbinei; este însă necesar ca turbina să fi fost astfel dimensionată încît să se realizeze o creștere a puterii la scăderea vidului.

a.m.

Kahlert, W. **Echiparea unui bloc de 100 MW cu supape de siguranță reglabile pentru funcționarea cu presiune alunecătoare.** Elektrizitätswirtschaft **62** (1963), nr. 6, p. 197–204.

La grupurile-bloc de mare putere, echipate cu cazane cu străbatere forțată, se aplică din ce în ce mai mult funcționarea cu presiune alunecătoare. Aceasta are următoarele avantaje:

1. Datorită unei temperaturi uniform repartizate în carcasele turbinelor, viteza de variație a sarcinii grupului turbogenerator este practic nelimitată. La un grup de 100 MW pot fi realizate astfel variații de sarcină de 8 MW/min.

Instalațiile exploatate cu presiune alunecătoare se pretează deci și unei funcționări pentru reglarea frecvenței și nu numai unei funcționări după program.

2. În zona de funcționare cu sarcină redusă (circa 25% din sarcina normală), se reduce corespunzător presiunea aburului viu. Prin aceasta se îmbunătățește stabilitatea de curgere a țevilor legate în paralel ale suprafețelor cazanului, datorită rezistenței mărite la scurgere.

3. La sarcini parțiale se realizează economii prin reducerea energiei de pompare ca urmare a reducerii presiunii aburului viu. De asemenea randamentul turbinei la sarcini parțiale scade numai foarte puțin, deoarece volumul de abur care trece prin turbină rămîne aproximativ constant și aburul dinaintea turbinei nu se laminează, ventilele de reglaj rămînînd complet deschise.

4. În acest mod de funcționare, solicitarea materialului este mai mică, deoarece nu se funcționează permanent la parametrii nominali ai aburului.

S-a aplicat funcționarea cu parametri alunecători la un bloc cu un cazan Benson de înaltă presiune, cu un debit de 375 t/h. Presiunea nominală a cazanului este de 210 at, iar în funcționare presiunea maximă este de 190 at. La sarcina minimă, presiunea scade la 55 at. Temperatura aburului viu se menține la orice sarcină la 530°C. Temperatura la ieșirea din supraîncălzitorul intermediar este de 535°C, iar presiunea în acest punct variază între 38 at și 10 at. Viteza de variație a sarcinii este de 7 MW/min la funcționare cu presiune alunecătoare. Ea scade la 3,5 MW/min la funcționare cu presiune fixă. De asemenea, sînt posibile salturi de sarcină pînă la 20 MW, cu o oprire ulterioară corespunzînd timpului de variație normală a sarcinii. Pentru astfel de instalații-bloc, cu funcționare cu presiune variabilă, se folosesc în ultima vreme supape cu siguranță reglabile, cu modificare automată a valorii nominale. În acest fel se creează posibilitatea ca, în funcționarea cu presiune alunecătoare, instalațiile să fie ferite de creșteri de presiune în partea de înaltă presiune, la deconectări la sarcină parțială sau plină, și astfel instalația de cazane poate funcționa mai departe.

a.m.

Mantel, R. **Încălzirea electrică prin acumulare de noapte.** Elektrizitätsverwertung **38** (1963), nr. 10, p. 243–258.

Cerințele principale ale instalațiilor de încălzire electrică prin acumulare sînt: coeficient de acumulare mare (raport între energia redată și cea consumată), capacitate de acumulare ridicată, acomodarea căldurii livrate cu cererile de căldură ale încăperilor, deservire simplă, dimensiuni și greutăți cît mai mici și preț moderat.

Încă din jurul anului 1920 au apărut primele brevete pentru sobe electrice cu acumulare, care însă s-au dezvoltat mult de-abia după 1940, în diferite țări din Europa: Elveția, Belgia, Austria, Germania.

În aceste instalații, căldura necesară pentru încălzirea de a doua zi se acumulează în masa de acumulare a sobei. Ca masă de acumulare se utilizează mai ales nisip, beton, șamotă, fontă, bazalt, magnezit, apă, ulei.

Actualmente, sobele electrice cu acumulare se construiesc de trei tipuri: a) exclusiv cu radiație de suprafață și convecție naturală, la care masa de acumulare este cuprinsă într-un înveliș de cahle; b) prin radiație și convecție naturală sau forțată, obținută prin canale în interiorul sobei; c) prin convecție, obținută prin canale în sau în jurul miezului de acumulare.

Reglajul instalațiilor se face individual sau centralizat, manual, semiautomat sau automat (cu program săptămînal, la instalațiile cele mai perfecționate). Reglajul acționează asupra cantității de energie acumulată pentru a doua zi, în funcție de temperatura interioară necesară și temperatura exterioară probabilă.

Instalații de tipul celor descrise se realizează atît pentru încăperi de locuit cît și pentru clădiri mari.

a.m.

Nolan, H. G. B. **Transportul cărbunelui în conducte.** Electrical Review **173**, aug. 1963, p. 280.

Se analizează economicitatea transportării cărbunelui în conducte magistrale de transport. Se demonstrează că pentru numeroase cazuri transportul cărbunelui cu calea ferată este mai scump; de asemenea este mai scumpă transmiterea energiei electrice în jurul puterilor de 500 MW decît transportul cărbunelui, corespunzător acestei puteri instalate, prin conducte.

Lucrarea prezintă și cîteva conducte de transport de cărbune pe distanțe mari, conducte existente sau în curs de construcție și se analizează folosirea acestui fel de transport pentru cărbune-șlam.

g.s.

Sulliga, J. **O nouă centrală pe bază de cărbune brun în construcție.** Energie und Technik, **15**, nr. 8, 1963, p. 313–320.

În R. F. Germană se construiește o centrală cu o capacitate finală de 2 000 MW care va folosi cărbune brun. Primele două grupuri sînt de 150 MW, al treilea grup va fi de 300 MW, fiind alimentat de două cazane; grupul al patrulea, de 300 MW, va fi alimentat de un singur cazan.

Primele cazane sînt de tip Benson, pentru debite de 490 t/h la 170 at și 530/530°C. Focarul fiecărui cazan este prevăzut cu șase arzătoare amplasate în tavan, iar drumul flăcării este în formă de L. Combustibilul este preparat de șase mori cu ciocane. Preîncălzirea aerului la 280°C se realizează cu ajutorul a două preîncălzitoare tip Lyungstroem.

Turbinele sînt de tipul cu trei carcase, iar generatorul este răcit cu hidrogen. Primele două agregate sînt controlate și comandate dintr-o cameră specială centrală.

g.s.

Fafournoux, J. **Aplicații industriale ale ciclurilor mixte turbine cu gaze – turbine cu abur.** Rev. Gen. de Thérmique **III**, nr. 25, ian. 1964, p. 37–55.

În ultimul timp se folosesc aceste cicluri mixte pentru producerea combinată a energiei electrice și a căldurii pentru termoficare. Combinarea turbinei cu gaze cu o instalație de abur permite reducerea substanțială a pierderilor acesteia și realizarea unui randament chiar superior unei instalații cu abur. Articolul analizează ciclurile mixte: cele în care gazele eșapate din turbină sînt utilizate drept comburant într-un cazan sau cele în care aerul comprimat al grupului turbinei cu gaze alimentează un cazan sub presiune, ciclurile mixte ale turbinei cu gaz funcționînd în schemă închisă și ciclurile mixte cu generatoare cu pistoane libere.

Se prezintă și unele exemple de aplicare practică în industrie, precum și unele considerații în legătură cu utilizarea energiei.

g.s.

Hidroenergetică

Bondarevski, I. P. și Fradkin, I. Z. **Canalul navigabil Volga – Marea Baltică.** Ghidrotehniceskoe stroitelstvo nr. 9, 1963, p. 4–7.

Canalul Volga – Marea Baltică începe în Marea Baltică, trece pe rîul Neva și lacul Ladoga, apoi pe rîul Svir și lacul Onega, pe rîurile Vitegra și Kovja, în continuare prin lacul Alb, rîul Șeksna și lacul UHE Rîbinsk, de pe Volga.

Canalul navigabil care unește lacurile Onega și Alb a fost realizat încă din 1810. În ultimii ani a fost ecluzat rîul Șeksna, în 1928–1934 pe Svir s-a construit UHE Nijne – Svirskaia, în 1940 UHE Rîbinsk, iar în 1952 UHE Verhne – Svirskaia.

În prezent, adîncimile navigabile sînt următoarele:

Sectorul canalului navigabil	Lungimea, km	Adîncimea, m	Numărul ecluzelor	Observații
Rîul Neva	74	3,2	–	
Lacul Ladoga	169	1,95	–	Calea va trece prin lacul Ladoga
Rîul Svir	221	3,20	2	
Lacul Onega	67	1,95	–	Calea va trece prin lacul Onega
Rîurile Vitegra și Kovja	136	1,95	32	În construcție
Canalul Belozerski	68	1,95	1	Calea va ptrece prin Lacul Alb
Lacul Alb – orașul Cerepoveț	180	2,05	3	În construcție
Lacul Rîbinsk	160	–	1	

După cum se constată, adîncimile mici pe porțiunea între lacurile Onega și Rîbinsk, de 361 km, și existența celor 38 mici ecluze limitează posibilitățile de mărire a traficului. Din această cauză, în prezent, pe această porțiune se efectuează lucrările noului canal, care va lega Volga de Marea Baltică. În acest scop se realizează cinci noduri hidrotehnice cu șapte ecluze. Volumele de lucrări sînt: săpătură 53,6 mil. m³; umplutură 7,05 mil. m³; beton și beton armat 0,71 mil. m³.

Ecluzele au înălțimea maximă cuprinsă între 13,25 și 13,40 m, una singură fiind de 17,20 m.

În acest mod, timpul de transport între orașele Leningrad și Cerepoveț se va reduce de la 18 zile (în prezent) la 2,5 zile. Costul transportului se va reduce de 5–7 ori, fiind de 3–5 ori mai ieftin decît pe calea ferată, iar capacitatea de transport se va mări de 7–8 ori.

Canalul Volga – Marea Baltică este unul dintre canalele cele mai mari din lume, după cum se vede mai jos:

Canalul Volga-Marea Baltică	361 km
Canalul Marea Albă-Marea Baltică	227 km
Canalul Suez	164 km
Canalul Moscova	124 km
Canalul Volga-Don	101 km
Canalul Panama	81 km

a.c.

Drozdovski, S. S. **Resursele hidroenergetice ale R.S.S. Azerbaidjan și folosirea lor complexă.** Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 11, 1963, p. 3–5.

R. S. S. Azerbaidjan are o suprafață de 86 000 km², din care jumătate este ocupată de munți cu înălțimi pînă la 4 000 m. Partea centrală cuprinde așa-numita cîmpie Kura-Araksinskaia, care se prelungește către nord-vest pînă la granița cu R. S. S. Gruzină. Precipitațiile anuale în aceste zone sînt de 200–400 mm/an, vara fiind deosebit de secetoasă.

Resursele de apă constau din cursul inferior al rîului Kura și numeroșii săi afluenți, rîul de graniță Araks și grupa micilor rîuri de munte care se varsă direct în Marea Caspică. Regimul apelor se caracterizează prin debite mari în perioada martie – iunie, cînd se scurge circa 70% din stocul anual. În condițiile climatului secetos din zona de cîmpie, dezvoltarea agriculturii cere executarea de lucrări de irigații. Rîurile cu potențialul hidroenergetic cel mai dezvoltat sînt: rîul Kura, pe cursul său mijlociu, rîurile Alazani, Araks și cursul inferior al rîului Vorotana.

R. S. S. Azerbaidjan dispune de un sistem energetic dezvoltat. În 1962 producția tuturor centralelor electrice din sistemul „Azenergo" a fost de 8,2 miliarde kWh, ceea ce reprezintă circa 2 000 kWh/locuitor. Cea mai mare parte a fost produsă în CTE lucrînd pe gaze naturale (85%). Resursele hidroenergetice se apreciază la 37 TWh/an, iar cele economice la 7 TWh/an, din care în prezent se folosesc circa 1,5 TWh/an.

Problema principală a UHE este de a acoperi sarcina de vîrf, în special iarna. Din această cauză, amenajările trebuie să dispună de acumulări însemnate. Calculele au arătat că ponderea UHE nu trebuie să fie mai mică de 20–25% din întreaga producție de energie electrică.

Amenajarea complexă Mingheceavr, realizată pe rîul Kura, dispune de un lac de 7,5 miliarde m³, care a permis rezolvarea următoarelor folosințe:

– energetică; puterea instalată de 370 MW și producția de energie electrică de 1 400 GWh/an;

– irigații: prin canalul Verhne – Karabahski, de pe malul drept, lung de 172 km, se asigură un debit de 112 m³/s pentru irigații (canalul se leagă cu hidrocentrul Bagram – Tapinsk de pe rîul Araks); canalul Verhne – Șirvanski, pe malul stîng, de 123 km și 78 m³/s, irigă sistemele Milsk și Mugansk;

— prin debitele de servitute de 150—175 m³/s se asigură navigația pe 600 km pînă la Marea Caspică;

— atenuarea viiturilor a ferit de inundații 130 localități și 200 000 ha teren.

Schema de amenajare a rîului Kura prevede realizarea a patru UHE în amonte de UHE Mingheceaur, care vor permite obținerea a 2,4 miliarde kWh și 920 MW. Realizarea unor acumulări de 3,3 miliarde m³ va face posibilă irigarea unor întinse suprafețe de teren agricol. În primul rînd se preconizează realizarea amenajării Șamhorskaia.

În prezent, pe afluenții de dreapta ai Kurei se construiesc trei baraje pentru irigații cu un volum total de 245 milioane m³ și se proiectează alte două, care vor realiza 365 milioane m³.

Posibilitățile de irigare a rîului Araks în regim natural sînt epuizate. În prezent se caută să se realizeze o acumulare de circa 1 miliard m³ pentru extinderea irigațiilor.

a.c.

Rubinstein, G. V. și Sandomirski, G. B. **Schema de amenajare a rîului Daugava** (Dvina de vest). Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 12, 1963, p. 5—7.

Rîul Daugava izvorăște din lacul Dvineț și curge pe teritoriile R. S. F. S. Ruse, Bieloruse și Letone. Lungimea totală a rîului este de 1 020 km, iar suprafața bazinului de 87 630 km².

Prima schemă de amenajare a acestui rîu a fost elaborată în 1939—1940 pentru cursul superior. În 1950 s-a întocmit schema de amenajare a întregului rîu, care cuprindea nouă UHE cu căderi între 9,5 și 26 m; puterea totală instalată era de aproximativ 800 MW, iar producția de energie electrică de 4,5 TW/an.

În 1959 schema a fost reexaminată ținîndu-se seamă de interconectarea sistemelor energetice ale republicilor baltice cu sistemul Leningrad și Kaliningrad într-un singur sistem energetic al regiunii de nord-vest a U.R.S.S. Aceasta a determinat mărirea puterii UHE în scopul utilizării lor ca centrale de vîrf. În noua schemă elaborată s-a redus numărul amenajărilor de la nouă la șapte. Căderile sînt cuprinse între 12,5 și 40 m, iar puterea instalată totalizează 1 550 MW. Durata de utilizare a puterii instalate este cuprinsă între 2 500 și 3 000 ore/an.

Datele caracteristice ale UHE sînt date în tabela de mai jos :

Nr. crt.	Denumirea UHE	Debitul mediu, m^3/s	Volumul util al lacului, $10^9 m^3$	Regularizarea	Puterea instalată, MW	Producția de energie electrică, GWh/an	Investiția specifică, ruble/kW	Prețul de cost al energiei, cop/kWh	Observații
1	Vitebskaia : derivație	219	2,37	Anuală	180	380	255	0,22	
	barai	219	2,37	Anuală	150	260	260	0,29	
2	Poloțkaia	302	0,55	Sezonieră	150	340	220	0,23	
3	Daugavpilskaia	473	0,50	Sezonieră	200	660	180	0,14	
4	Ekabpilskaia	521	—	Zilnică	150	490	240	0,17	
5	Pleavinskaia	615	—	Zilnică	825	1 614	78,5	0,10	În construcție
6	Kegumskaia	615	—	Zilnică	170	605	90,6	0,18	Extindere
7	Doleskaia	615	—	Zilnică	520	745	108,3	0,18	

Dintre aceste UHE, în prezent este în funcțiune amenajarea Kegumskaia, care utilizează circa 10% din potențialul rîului.

În 1961 s-a început construcția UHE Pleavinskaia, la care primele agregate vor intra în funcțiune în 1965, iar în 1966 va funcționa cu întreaga putere instalată. În perspectivă apropiată se prevede realizarea UHE Doleskaia și extinderea UHE existente Kegumskaia.

a.c.

* * * **Inaugurarea centralelor Hinterrhein.** Elektrizitätsverwertung **38** (1963), nr. 10, p. 271—273.

În septembrie 1963 a fost inaugurată oficial amenajarea Averserrhein și Hinterrhein, începută în 1957. Amenajarea, la care participă Elveția și Italia, cuprinde trei centrale hidroelectrice cu o putere instalată totală de 655 000 kW : centrala Valle di Lei — Ferrera de 185 000 kW, centrala Sufers—Bärenburg de 225 000 kW, centrala Bärenburg-Sils de 245 000 kW cuprinzînd un bazin de 630 km².

Energia anuală într-un an cu hidraulicitate medie este de 1,370 TWh, din care 720 GWh în timpul iernii (octombrie—martie).

Cel mai însemnat bazin de acumulare se găsește la Valle di Lei, cu un volum de 197 mil m³. Barajul în arc are o înălțime maximă de 141 m, cu o lungime la coronament de 710 m și un volum de beton de 862 000 m³.

Centrala Valle di Lei — Ferrera lucrează cu o cădere netă de 474 m și un debit instalat de 45 m³/s. Centrala este instalată într-o cavernă.

Lacul Sufers are un volum util de 18 mil. m³, creat de un baraj în arc de 58 m înălțime și un mic baraj de pămînt. Centrala Sufers-Bärenburg lucrează cu o cădere netă de 320 m, prelucrînd un debit de 80 m³/s.

Centrala Bärenburg -Sils are o cădere netă de 386 m și un debit de 73 m³/s. Volumul util al lacului este de 1 mil. m³, ceea ce permite reglarea debitului în funcție de necesitatea exploatării.

Evacuarea puterii de la centrale se face cu linii de 220 kV pînă la Sils, de unde pleacă spre nord o linie de 380 kV cu dublu circuit.

a.m.

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția : București, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administrația: „IPROMIN" București, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : „IPROMIN" — Publicațiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala București. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „INFORMAȚIA", București — c. 1337.

Taxele poștale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

41 401

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 536.1/2

Popovici, V.: **Новое графическое изображение тепловых циклов, с использованием диаграммы $p-i$, с прямолинейными адиабатами.**

Предлагается новая диаграмма для пара, в которой на ордонате откладывается температура, а на абсциссе — теплосодержание. В этой диаграме адиабаты представлены прямыми, проходящими через точку O_K.

Energetica 12 (1964). № 5, стр. 205–210

ДК 669.14.018.583.004

Iftime, P. и *Vilan, M.:* **О поведении в эксплуатации ряда аустенитовых сталей, применяемых в конструкции гэнераторных ободов и ряд мероприятий, необходимых для предупреждения аварий.**

Излагаются основные конструктивные вопросы конструкции генераторных ободов, а также описывается ряд характерных случаев аварии. Делается заключение относительно мероприятий по предупреждению аварий.

Energetica 12 (1964), № 5, стр; 211–220

ДК 621.311.21:004

Radu, S. N.: **Проблемы эксплуатации на гидроэлектростанции с бальшой накоплений и деривации.**

Energetica 12)1964), № 5, стр. 220–230

ДК 538.531

Rothman, A.: **Электрические и механические аналогии в связи с электрической цепью.**

Energetica 12 (1964), № 5, стр. 230–232

ДК 628.93.003

Matei, D.: **Технико-экономический критерий выбора источников электрического освещения.**

Energetica 12 (1964(, № 5, стр. 233–236

ДК 621.316.262.002

Măcriş, A. и *Sterian, M.:* **Индустриализация монтажа электростанции в рамках строительно-монтажного энергетического треста.**

Дается описание изготовления крупных сборных узлов для монтажа трансформаторных станций до 110 кв включительно, а также освещаются полученные преимущества.

Energetica 12 (1964), № 5, стр. 237–243

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ДК 697.34.003

Nicu. Vl.: **Частный случай колебания удельного расхода топлива для производства тепла.**

Eneggetica 12 (1964), № 5, стр. 243–245

ХРОНИКА

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 536.1/2

Popovici, V.: **Graphische Darstellung von Wärmezyklen mit Hilfe eines $p - i$ — Diagramms mit gradlinigen Adiabaten.**

Erörterung eines neuartigen Wasserdampfdiagramms, in welchem auf der Ordonate Temperaturen und auf der Abszise Entalpien dargestellt werden. Die Adiabaten sind in diesem Diagramm durch einen Punkt O_K führende Geraden.

Energetica, 12 (1964) H. 5, S. 205–210

DK 669.14.018.583.004

Iftime, P. und *Vilan, M.:* **Uber das Betriebsverhalten von Generatordeckblechen aus austenitischen Stählen und Massnahmen für Vorbeugung von Schäden.**

Die bedeutendsten bautechnischen Eigentümlichkeiten von Generatordeckblechen sowie einige charakteristische Schädenfälle werden mit Schlussfolgerungen bezüglich Vorbeugungsmassnahmen erörtert.

Energetica, 12 (1964) H. 5, S. 211–220

DK 621.311.21:004

Radu, S. N.: **Fragen der Betriebsführung eines Wasserkraftwerks mit grossem Stauraum und Umleitung.**

Energetica, 12 (1964), H. 5, S. 220–230

DK 538.551

Rothmann, A.: **Elektrische und mechanische Analogien elektrischer Kreise.**

Energetica, 12 (1964), H. 5, S. 230–232

DK 628.93.003

Matei, D.: **Technische und wirtschaftliche Massstäbe bei Wahl elektrischer Lichtquellen.**

Energetica, 12 (1964), H. 5, S. 233–236

DK 621.316.262.002

Măcriş, A. und *Sterian, M.:* **Industrialisierung der Montage von Umspannanlagen im Rahmen des Trusts für Bau und Montage von Energianlagen.**

Bestellung grosser vorgefertigter Montageeinheiten für Umspannanlagen mit Spannungen bis einschliesslich 110 kV. Die erzielten Vorteile werden angeführt.

Energetica, 12 (1964), H. 5, S. 237–243

AUS DEN BETRIEBEN

DK 697.34.003

Nicu, Vl.: **Ein besonderer Fall von Abänderung des spezifischen Brennstoff-Verbrauchs für Wärmeerzeugung.**

Energetica 12 (1964), H. 5, S. 243–245

CHRONIK

DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 536.1/2

Popovici, V. : **Nouvelle représentation graphique des cycles thermiques, utilisant le diagramme $p—i$, à courbes adiabatiques rectilignes.**

L'auteur établit pour la vapeur un nouveau diagramme dans lequel on inscrit la température sur l'ordonnée et les enthalpies sur l'abscisse. Dans ce diagramme, les adiabatiques sont rectilignes et passent par un point O_K.

Energetica 12 (1964), no. 5, p. 205–210

CD 669.14.018.583.004

Iftime, P. et *Vilan, M.* : **Le comportement, pendant l'exploitation, de quelques aciers austénitiques utilisés dans la construction des couvercles des générateurs et quelques mesures nécessaires pour prévenir les défauts.**

L'article expose les principaux aspects présentés par la construction des couvercles des générateurs ainsi que certains cas caractéristiques de défauts. En conclusion on décrit quelques mesures pour prévenir les dérangements.

Energetica 12 (1964), no. 5, p. 211–220

CD 621.311.21 : 004

Radu, S. N. : **Problèmes d'exploitation d'une usine hydroélectrique à grande accumulation et dérivation.**

Energetica 12 (1964), no. 5, p. 220–230

CD 538.551

Rothman, A. : **Analogies électriques et mécaniques concernant le circuit électrique.**

Energetica, 12 (1964), no. 5 , p. 230–232

CD 628.93.003

Matei, D. : **Choix des sources d'éclairage d'après un critère technique et économique**

Energetica 12 (1964), no. 5, p. 233–236

CD 621.316.262.002

Măcriș, A. et *Sterian, M.* : **L'industrialisation du montage des stations électriques, réalisée par le Trust de Constructions et de Montages Energétiques (TCME).**

On décrit les grands sousensembles préfabriqués utilisés pour le montage des stations de transformation jusqu'à 110 kV y compris, ainsi que les avantages obtenus.

Energetica, 12 (1964), no. 5, p. 237–243

DE L'EXPLOITATION

CD 697.34.003

Nicu, Vl. : **Un cas particulier de la variation de la consommation spécifique de combustible pour la production de chaleur.**

Energetica 12 (1964), nr. 5, p. 243–245

CHRONIQUE
DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 536.1/2

Popovici, V. : **New graphical representation of heat cycles using a diagram $p — i$, with rectilinear adiabatic lines.**

Temperature is plotted on the ordinate and enthalpy on the abscissa in this new steam diagram. The adiabatic lines are rectilinear and pass through a point O_K.

Energetica 12 (1964), nr. 5, p. 205–210

DC 669.14.018.583.004

Iftime, P. and *Vilan, M.* : **Working behaviour of austenitic steels used for generator hoods also some measures to be taken against faults.**

Main constructive aspects concerning generator hoods and some typical cases of faults are presented in this article. The authors draw their conclusions upon preventing measures to be taken against faults.

Energetica 12 (1964), nr. 5, p. 211–220

DC 621.311.21 : 004

Radu, S. N. : **Operating problems of a hydroelectric power station with large storage and derivation.**

Energetica 12 (1964), nr. 5, p. 220–230

DC 538.551

Rothman, A. : **Mechanical and electrical analogies for the electric circuit.**

Energetica 12 (1964), nr. 5, p. 230–232

DC 628.93.003

Matei, D. : **Technical and economical criteria applied to electrical illuminating source selection.**

Energetica 12 (1964), nr. 5, p. 233–236

DC 621.316.262.002

Măcris, A. and *Sterian, M.* : **Electrical construction and Erection Trust industrializes the mounting of power substations.**

Big prefabricated subassemblies are used for the erection of transformer substations up to 110 kV. Advantages obtained are also mentioned.

Energetica 12 (1964), nr. 5, p. 237–243

FROM THE EXPLOITATION

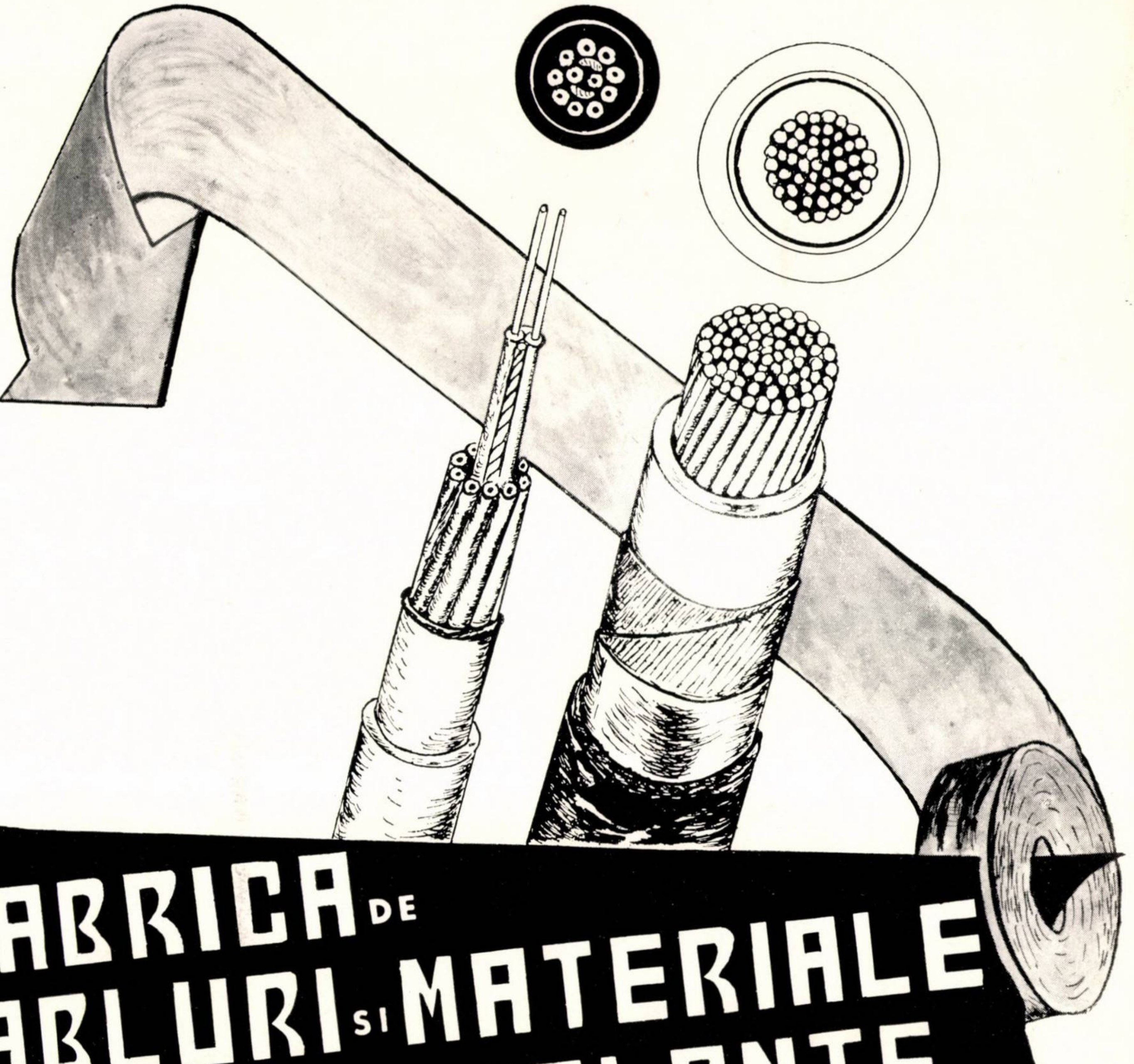
DC 697.34.003

Nicu, Vl. : **Special case of specific fuel consumption for heat generation.**

Energetica 12 (1964), no. 5, p. 243–245

CHRONICLE
DOCUMENTATION

ORSZ [illegible] KÖNYVTÁR ÉS * DOK [illegible] KÖZPONT * 1883



FABRICA DE CABLURI ȘI MATERIALE ELECTROIZOLANTE

produce:

- Cabluri de forță cu izolație de hîrtie și mase plastice
- Cabluri de măsură, comandă și control
- Cabluri telefonice
- Conducte electrice pentru instalații fixe și mobile cu izolație din cauciuc și mase plastice
- Conducte pentru telecomunicații
- Produse pe bază de mică
- Lacuri electroizolante
- Conductoare de bobinaj izolate cu email și fire de sticlă

BUCUREȘTI, ȘOSEAUA GĂRII CĂȚELU, Nr. 4 — RAIONUL T. VLADIMIRESCU, Telefon 21.20.10

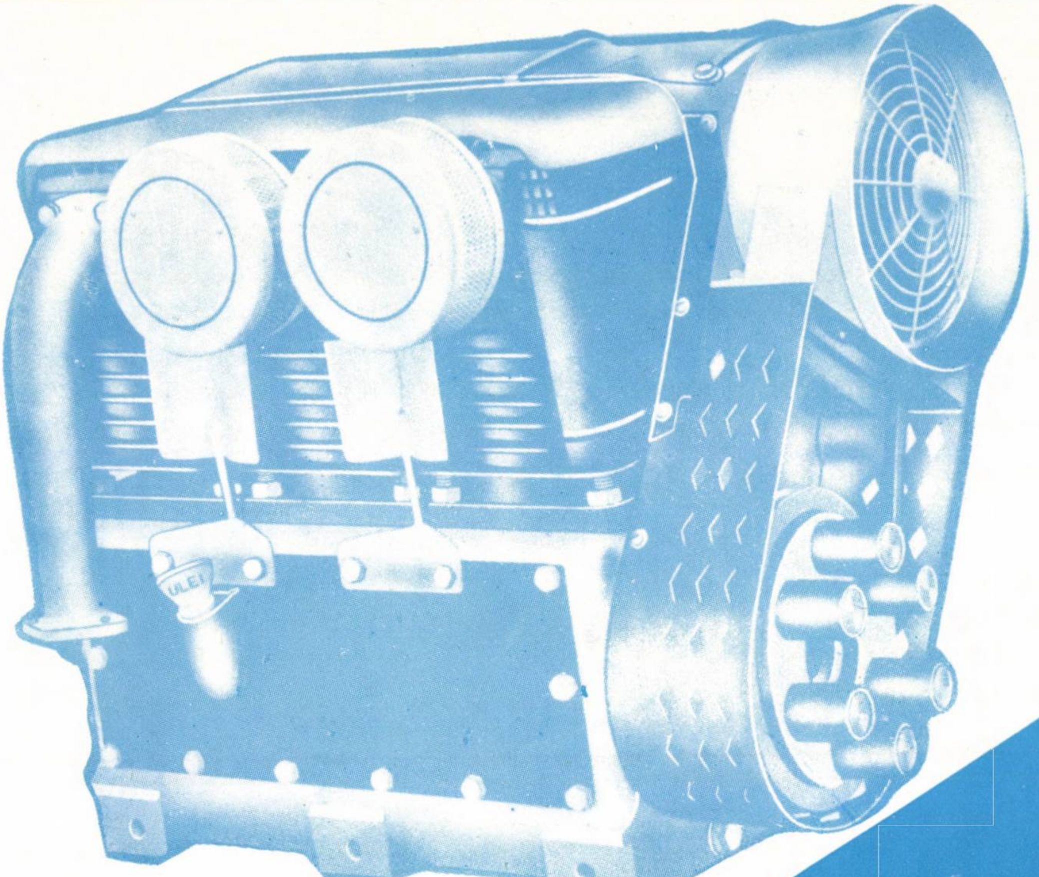
darclee 2

Radioreceptor cu:

- 5 + 2 tuburi electronice
- 4 game de unde: UL, UM, US, UUS
- indicator optic de acord
- două difuzoare: (circular de 2,5 VA și eliptic de 1 VA)
- caseta din placaj furniruit cu ornamentații din aluminiu eloxat
- dimensiuni 720 × 395 × 380 mm
- tensiuni de alimentare: 110 V, 120 V și 220 V
- picup cu 4 viteze

Electronica

UZINELE TIMPURI NOI BUCUREȘTI

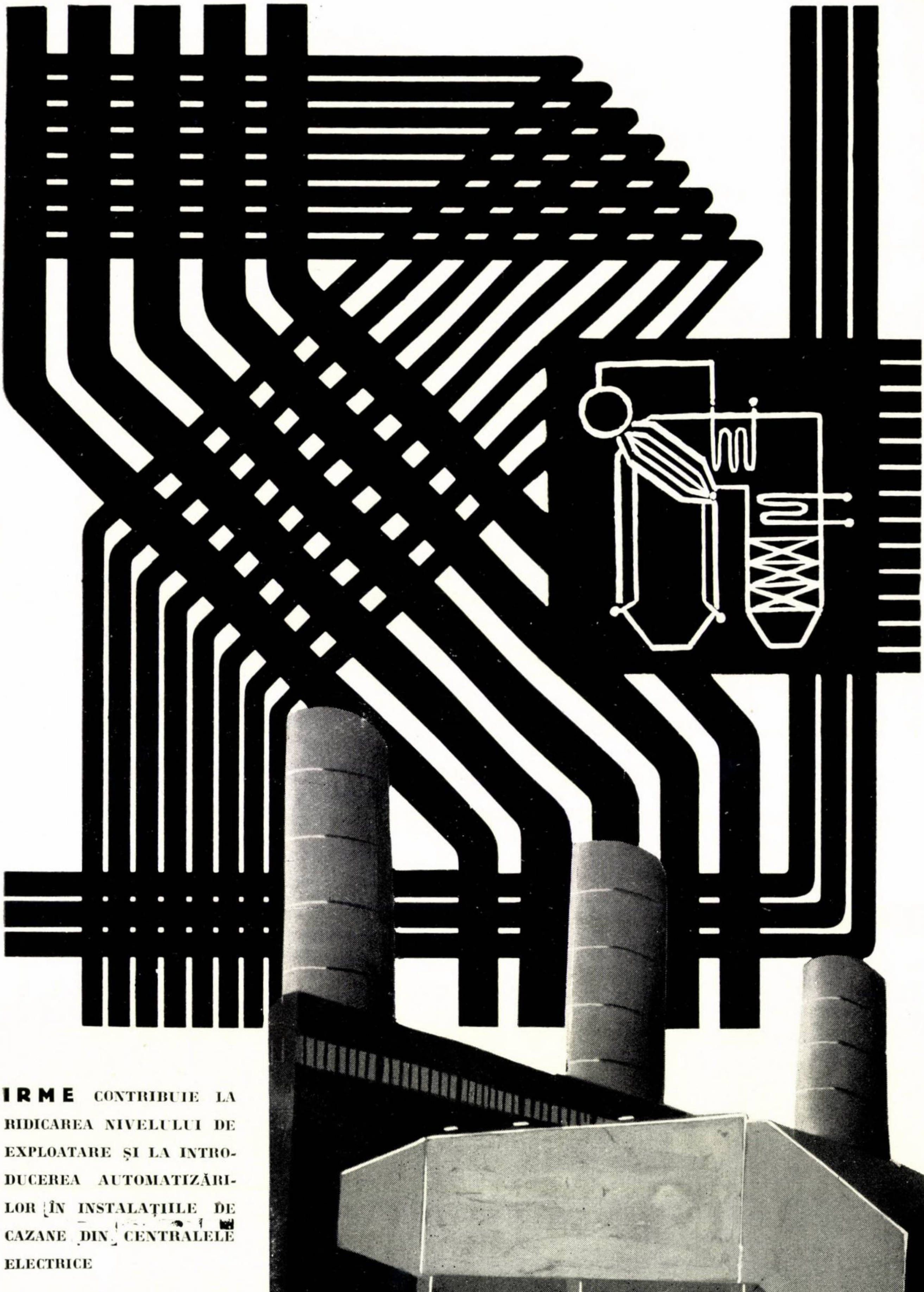


Compresor de aer C_1

Execută și livrează în țară și străinătate:

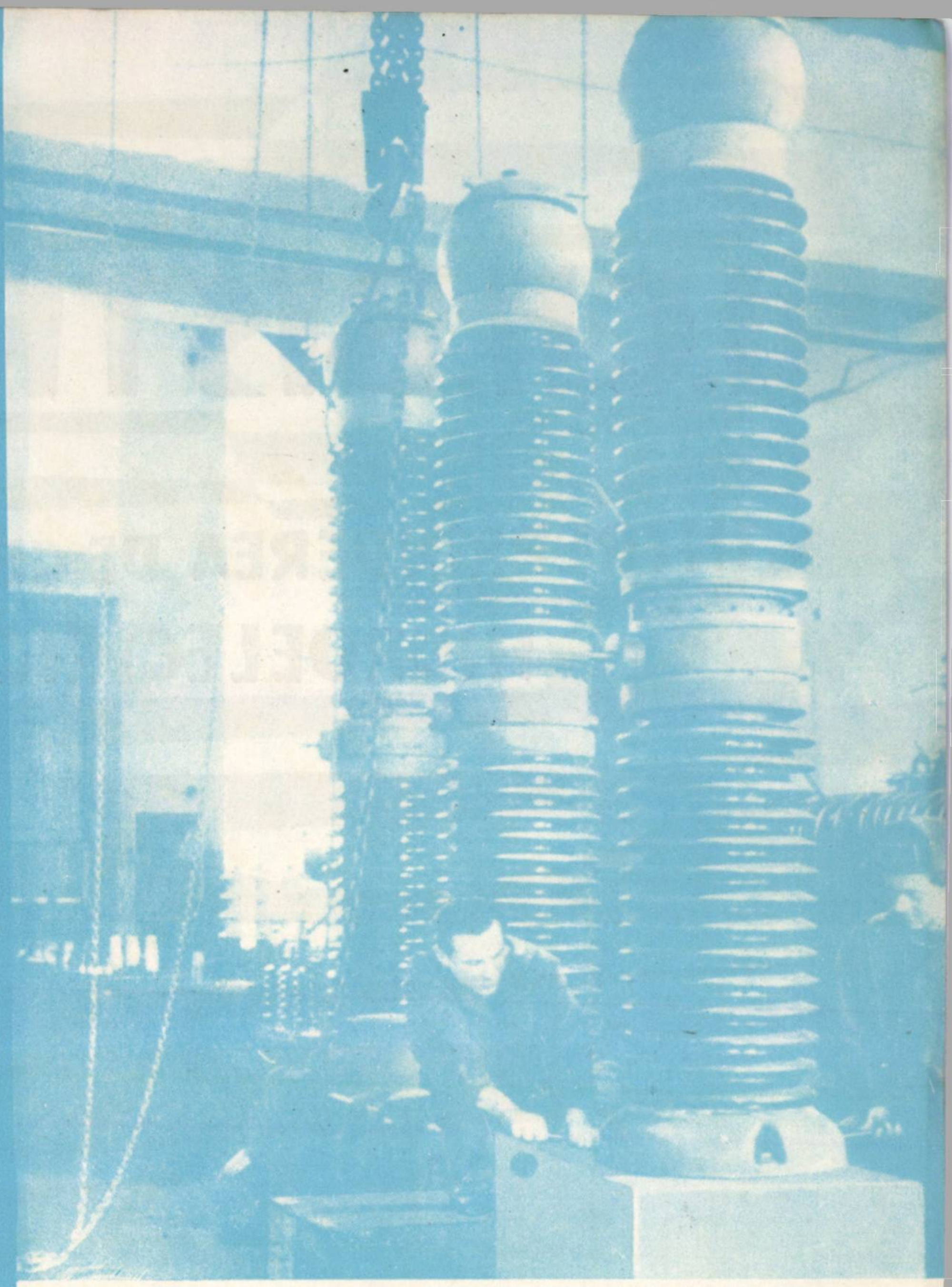
- MOTOARE CU APRINDERE PRIN SCÎNTEIE, 6–15 CP LA 2000–3000 rot/min
- MOTOARE CU APRINDERE PRIN COMPRESIUNE, 6–100 CP LA 800–1200 rot/min
- COMPRESOARE DE AER CU PISTON, CU DEBITE DE 0,29 m^3/min LA O PRESIUNE DE REFULARE DE 6–10 kgf cm^2
- AGREGATE MOBILE ȘI STAȚIONARE, MOTOCOMPRESOARE ȘI ELECTROCOMPRESOARE

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883



IRME CONTRIBUIE LA RIDICAREA NIVELULUI DE EXPLOATARE ŞI LA INTRODUCEREA AUTOMATIZĂRILOR ÎN INSTALAŢIILE DE CAZANE DIN CENTRALELE ELECTRICE

irme



REVIZIA UNUI ÎNTRERUPTOR 110 kV EFECTUATĂ ÎN CADRUL ATELIERULUI PROPRIU DE REVIZIE ŞI REPARAŢII MAŞINI ŞI APARATE ELECTRICE DIN IREH-DEVA

IREH

NTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE HUNEDOARA

DEVA

I.C.H. BISTRIȚA

INTREPRINDEREA DE CENTRALE HIDROELECTRICE

B

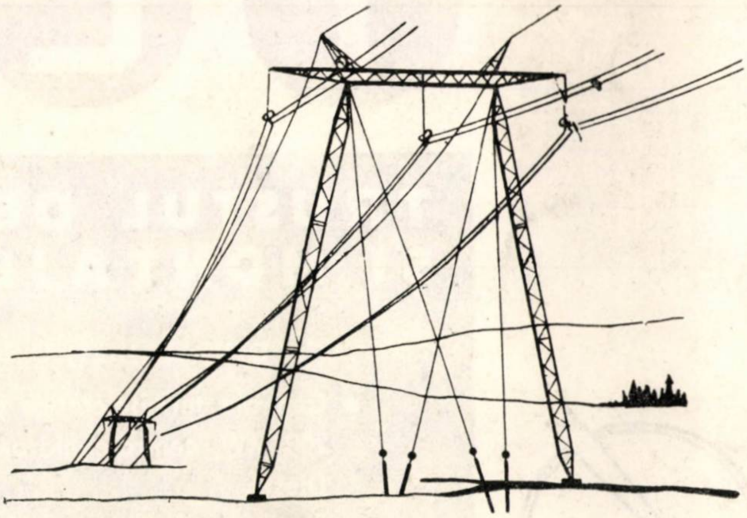
U.H.E. BICAZ — BAZIN DE LINIȘTIRE RACORDAT CU CANALUL DE FUGĂ

E 2039

REFERÁLVA R

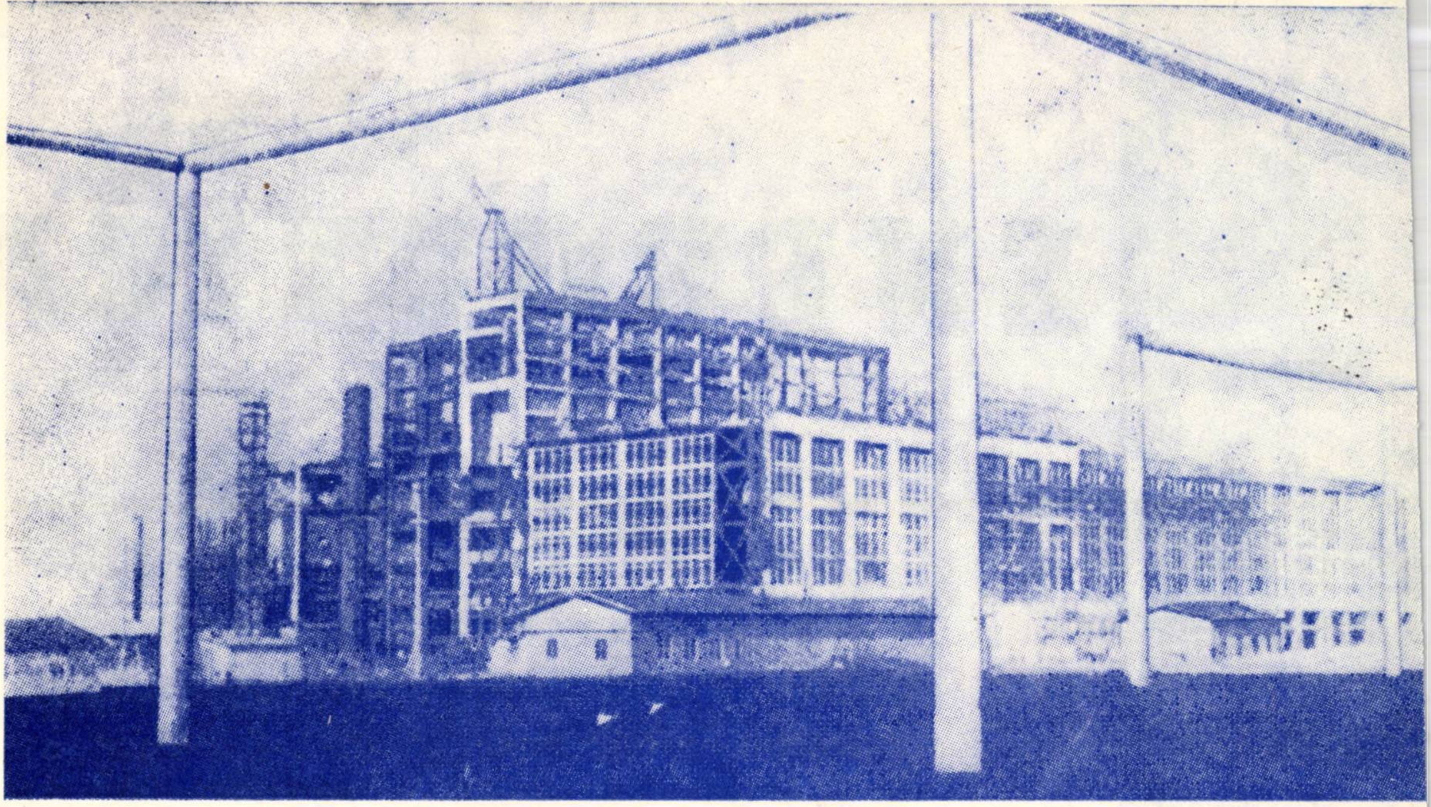
ENERGETICA

VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 6 ★ ENERGETICA



6

BUCUREȘTI ★ IUNIE ★ 1964



T C M E

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unităţile sale de construcţii şi montaj:

- Centrale termoelectrice şi de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Staţii electrice şi posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuţie.
- Electrificări rurale

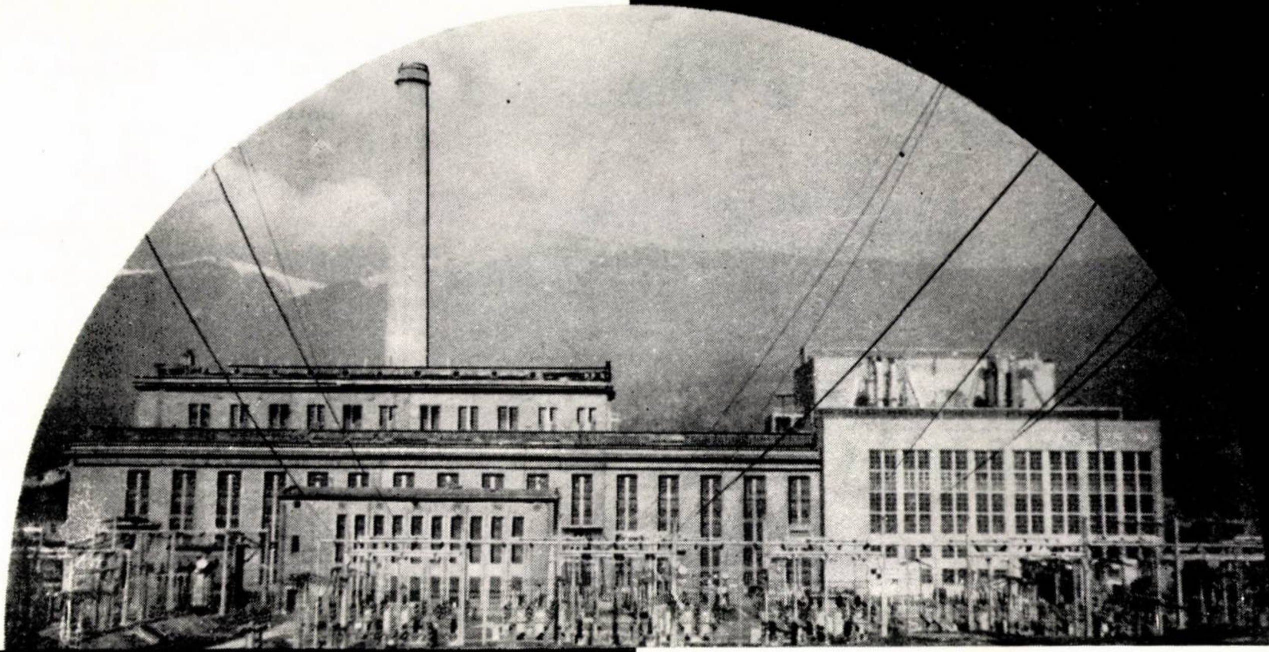
Produce prin unităţile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionaţi.
- Celule şi panouri pentru centrale şi staţii electrice.
- Posturi de transformare urbane şi rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, staţii, posturi de transformare şi linii electrice de transport şi distribuţie.

BUCUREŞTI, CALEA MOŞILOR 158 — TELEFON 16.63.03

INTREPRINDEREA CENTRALA TERMOELECTRICĂ

ÖNYVTÁRÉS
SKÖZPONT
883



PAROȘENI

ASPECT EXTERIOR

ASPECT DIN SALA TURBINELOR

STAȚIA DE TRANSFORMARE 25(35)6 Kv PREDEAL

ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE BRAȘOV

STR. REPUBLICII Nr. 24

IDEB

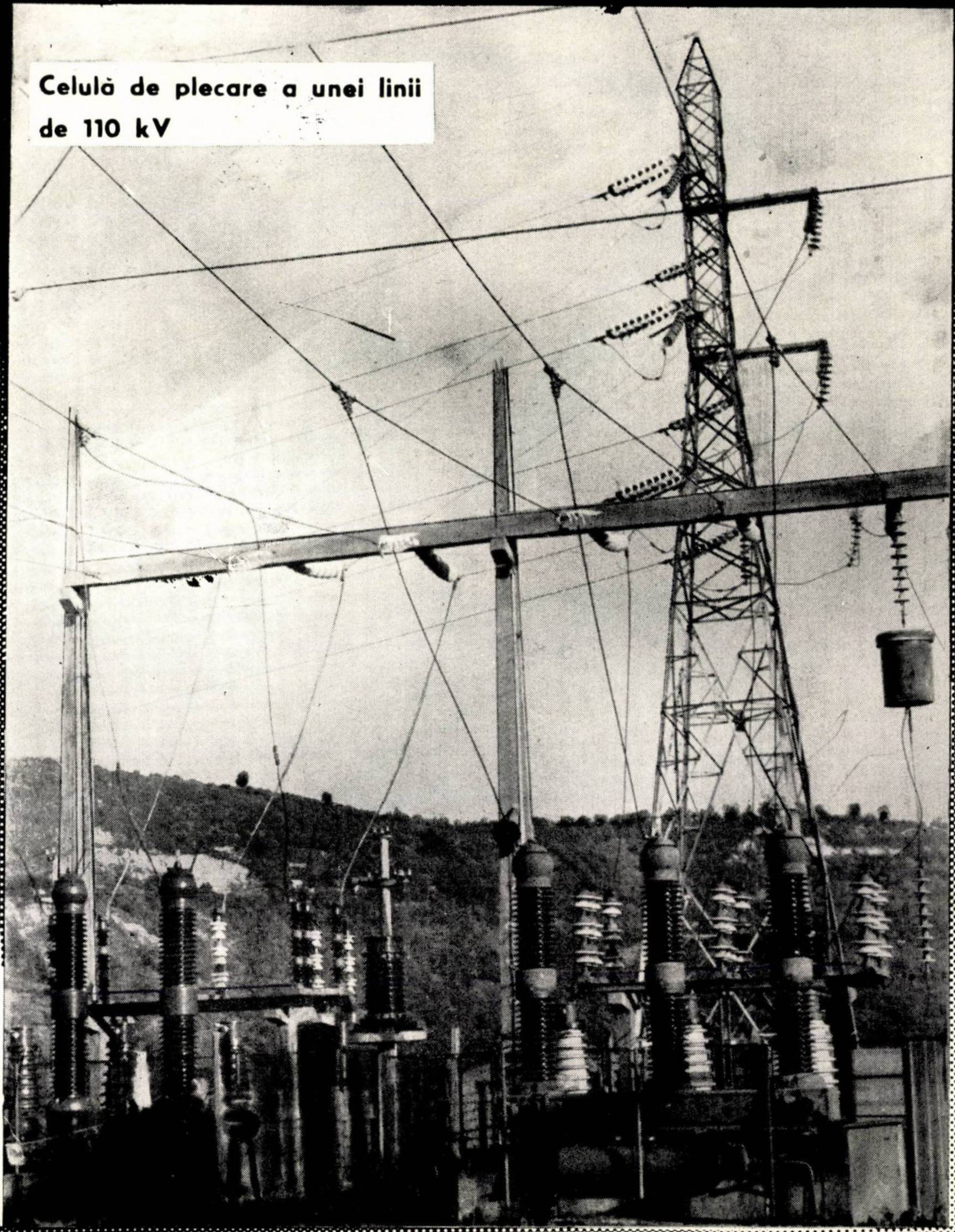
- PROIECTEAZĂ
- EXECUTĂ
- ÎNTREȚINE
- EXPLOATEAZĂ:

— instalații de distribuție

— instalații de alimentare cu energie electrică

BUCUREȘTI Bd. 1 Mai 41-43 Raion Gr. Roșie

I.R.E.


Celulă de plecare a unei linii de 110 kV

CLUJ

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 6 IUNIE 1964

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Cuprins

Schlötter, Fr. : **Aspecte privind posibilităţile de îmbunătăţire a instalaţiilor de condensaţie în centralele termoelectrice** 253—263

Ungureanu, C-tin : **Mărirea eficacităţii spălării prin barbotaj a aburului în apa de alimentare, adăugînd apei de cazan amoniac** 263—266

Carabulea, A. : **Aspecte teoretice şi practice privind simetrizarea sistemelor electrice** 267—280

Friedmann, W. : **Instalaţii de automatizare din reţeaua de iluminat public a oraşului Bucureşti** 280—284

Roşca, P. şi *Iftime, P.* : **Probleme privind limitele admisibile ale vibraţiilor agregatelor energetice** 284—289

ENERGETICA PESTE HOTARE

Cogălniceanu, A. : **Dezvoltarea energeticii în R. S. F. Iugoslavia** 289—295

RECENZII

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

Execută lucrări de montaj de

- Centrale termoelectric
  cu abur şi motoare Diese
- Centrale hidroelectrice
- Compensatoare sincrone
- Instalaţii electrice de
  joasă şi înaltă tensiune
- Instalaţii de măsură, con-
  trol şi automatizare a
  proceselor tehnologice

IMCE

BUCUREŞTI, CALEA DOROBANŢILOR 105 — RAIONUL 30 DECEMBRIE
TELEFON 11.14.10

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL
CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12
1964
Nr. 6
IUNIE

1883

Aspecte privind posibilităţile de îmbunătăţire a instalaţiilor de condensaţie în centralele termoelectrice

Ing. Fr. Schlötter

Directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R. prevăd pentru perioada 1960—1965, pe lîngă creşterea puterilor instalate cu 2 300 MW, scăderea continuă a consumului specific de combustibil, ajungînd la o reducere în medie de 19% pentru aceeaşi perioadă.

Pentru reducerea consumului specific de combustibil, pe lîngă construirea unor centrale moderne, este necesară modernizarea tuturor instalaţiilor din centralele existente.

Unul dintre elementele avînd influenţă economică mare asupra consumului specific este instalaţia de condensaţie.

Din analizele efectuate atît în centralele vechi ale M.M.E.E. cît şi în centralele industriale, se observă că există un număr mare de instalaţii cu condensatoare de construcţie mai veche, cu caracteristici necorespunzătoare faţă de cerinţele tehnicii moderne. Acest lucru duce la o funcţionare cu randament scăzut şi la consumuri specifice ridicate.

Cercetările şi experienţele întreprinse în laboratoarele VTI *, cît şi în condiţii industriale, au arătat că principiile care au stat la baza proiectării condensatoarelor mai vechi, şi anume: cel al condensării aburului în mişcare avînd diferite concentraţii de aer, cît şi principiul procesului de lucru al instalaţiei de condensaţie în complexitatea sa, oglindind interdependenţa strînsă dintre schimbul de căldură şi substanţă, şi funcţionarea instalaţiei de eliminare a aerului (ejector), sînt depăşite, fapt care a necesitat elaborarea unor principii noi în proiectarea instalaţiilor de condensaţie.

Metodele de calcul folosite de diverse firme, cu peste 20 de ani în urmă, prezintă o serie de neajunsuri, care au fost scoase în evidenţă cu ocazia proiectării noilor instalaţii. Ca exemplu, se poate cita cazul fabricii L.M.Z., care pentru condensatorul turbinei PVK-200 a obţinut, conform vechii metode de calcul, un coeficient de transmitere a căldurii de circa 2 980 kcal/$m^2 \cdot h$°C, iar după noua metodă, VTI — circa 2 500 kcal/$m^2 \cdot h$°C, ceea ce reprezintă o diferenţă de circa 17%. Conform normelor Institutului de schimb de căldură din S.U.A., coeficientul de transmitere a căldurii, pentru aproximativ aceleaşi condiţii, este de numai 2 400 kcal/$m^2 \cdot h$°C, ceea ce reprezintă o valoare cu 4% chiar sub rezultatele VTI.

Neajunsurile arătate au dus la unele greşeli în alegerea factorilor determinanţi la vechile instalaţii de condensaţie, ca: modul de alimentare şi cantitatea necesară a apei de răcire, influenţa temperaturii şi cantităţii apei de răcire asupra coeficientului de transmitere a căldurii etc., fapt care, în prezent, pe baza noilor teorii, impune o revizuire a funcţionării instalaţiilor de condensaţie existente cît şi o modernizare a acestor instalaţii.

În unele centrale electrice a existat o tendinţă teoretică de modernizare a instalaţiilor de condensaţie, dar care a fost abandonată, din lipsa cunoaşterii tuturor factorilor necesari acestor modernizări; în final, această modernizare s-a redus la o eventuală înlocuire a ejectoarelor cu apă cu ejectoare cu abur, la încercări de micşorare a gradului de subrăcire prin funcţionare fără nivel în condensator etc.

Modernizarea instalaţiilor de condensaţie este o problemă complexă. Elementul principal fiind condensatorul propriu-zis, este necesar ca, pe lîngă factorii arătaţi, să se facă o analiză completă în scopul detectării tuturor factorilor care vor influenţa pentru obţinerea unui vid mai bun şi reducerea consumului specific, ca modernizarea suprafeţei de răcire, cît şi pentru ridicarea nivelului exploatării, ca: îmbunătăţirea etanşeităţii pe partea de apă, eliminarea

---

* VTI — Institutul termotehnic unional.

unor eventuale vibrații ale țevilor, crearea unor eventuale posibilități de curățire în mers a condensatoarelor etc.

Rolul cel mai important al modernizării constînd în micșorarea consumului de căldură,

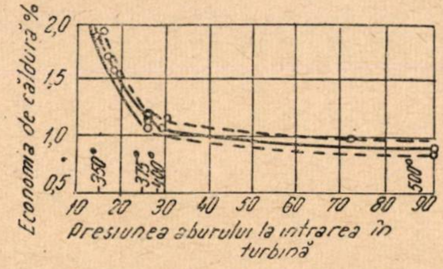


Fig. 1. Economia de căldură funcție de parametrii de intrare și de scăderea cu 0,01 at a presiunii în condensator.

este necesar a se arăta că economia de căldură pe turbină, la o scădere cu 0,01 at a presiunii în condensator (creșterea vidului cu 1%), este funcție atît de parametrii de intrare, cît și de elementele constructive, reprezentînd circa 1,9% pentru fiecare 0,01 at la o presiune nominală de 15 ata și la temperatura de 350°C și circa 0,9% pentru fiecare 0,01 at la 90 ata și 500°C (fig. 1).

La eliminarea subrăcirii condensatului, pentru parametrii 15—20 ata, 350—375°C, fără prize de preîncălzire regenerativă, economia de căldură pe turbină este de circa 0,14—0,16% pe fiecare grad de ridicare a temperaturii condensatului; în cazul existenței prizelor, aceasta depinde foarte mult de presiunea aburului în ultima priză (fig. 2).

Micșorarea consumului specific în urma unor măsuri de modernizare a condensatorului poate fi de circa 0,5—3%, funcție de parametrii aburului la intrare și presiunea la priză, ceea ce, la nivelul condensatoarelor din R. P. R., înseamnă o economie de mii de tone combustibil convențional anual.

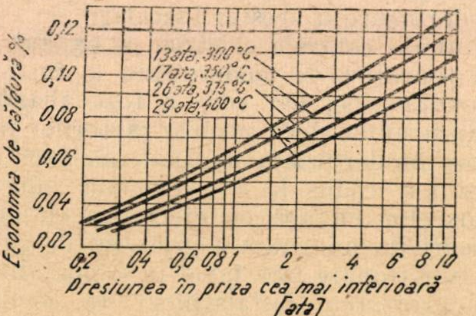


Fig. 2. Economia de căldură funcție de parametrii de intrare și priză.

1. Alcătuirea rațională a suprafețelor de răcire la condensatoare

Calea principală de micșorare a consumului specific al condensatorului cu ocazia modernizării constă în îmbunătățirea alcătuirii suprafețelor de răcire, adică într-o mai bună așezare și folosire a pachetelor de țevi față de cea utilizată în trecut, ținînd seamă de teoria modernă a schimbului de căldură.

Acest lucru nu înseamnă eliminarea inegalităților încărcării termice cauzate de condițiile specifice de lucru ale condensatorului, cum se consideră în multe cazuri, ci mărirea sarcinii termice în toate zonele condensatorului, cu o menținere obligatorie a răcirii amestecului abur-aer.

Mărirea sarcinii termice specifice se poate atinge prin :

a) micșorarea rezistenței întîmpinate de mișcarea aburului ;

b) mărirea vitezei amestecului abur-aer ;

c) mărirea vitezei apei de răcire.

Este de menționat însă că eficiența acestor metode nu este egală pentru cele două zone principale de răcire ale condensatorului, și din acest motiv pentru fiecare din zone problema intensificării schimbului de căldură trebuie rezolvată separat.

Astfel, în prima zonă, în direcția curgerii aburului, zona schimbului intensiv de căldură, metoda principală de îmbunătățire a schimbului de căldură constă în micșorarea rezistenței atît la intrare, cît și în porțiunea ultimelor țevi.

Micșorarea presiunii amestecului abur-aer, datorită rezistențelor mărite existente în majoritatea condensatoarelor de tip vechi, duce la o micșorare a temperaturii aburului și deci la o micșorare a diferenței de temperatură între abur și apa de răcire. Micșorarea rezistenței printr-o eventuală modernizare, și cu aceasta creșterea presiunii amestecului, duce implicit la mărirea cantității de căldură transmisă prin unitatea de suprafață.

În această zonă de condensare intensivă din prima parte a drumului aburului, poate fi eficace și o mărire a vitezei apei de răcire, deoarece, la o viteză de circulație mărită a apei de răcire, coeficientul de transmitere a căldurii de la abur la apă se îmbunătățește. Însă mărirea vitezei apei este limitată datorită creșterii rezistenței hidraulice a condensatorului.

În ceea ce privește o mărire eventuală a vitezei aburului ca mijloc de îmbunătățire, aceasta are eficacitate numai în zona a doua (zona răcirii amestecului abur-aer). În această zonă, cantitatea de aer este mai mare în raport cu prima, ceea ce are o influență negativă asupra condensației, iar coeficientul de transmitere a căldurii este determinat exclusiv de transmiterea căldurii de către abur; de aceea, în această zonă, singura metodă practic posibilă pentru intensificarea schimbului de căldură este mărirea vitezei amestecului abur-aer.

La alcătuirea suprafeței de răcire a condensatorului, este necesar a se avea în vedere și cerințele legate de eliminarea unor eventuale subrăciri ale condensatului. Fenomenul de subrăcire este de multe ori explicat prin scăderea presiunii aburului, generată de rezistența condensatorului. În realitate însă, fenomenul de subrăcire este generat și de condițiile de schimb de căldură (scăderea temperaturii în pelicula de condensat care scaldă suprafața mai rece a țevii și scăderea presiunii parțiale a aburului pe măsura răcirii amestecului abur — aer la presiunea totală constantă); de aceea doar o scădere a rezistenței în direcția mișcării aburului nu asigură eliminarea totală a subrăcirii.

Un mijloc de bază care permite practic eliminarea totală a subrăcirii, independent de regimul de funcționare a condensatorului și de rezistența sa, este ,,regenerarea'' condensatului, adică încălzirea lui pînă la temperatura de saturație, corespunzătoare presiunii în condensator, cu ajutorul unei părți din cantitatea de abur care intră în condensator, dirijată direct spre condensat.

Cele arătate duc la o serie de condiții în alcătuirea suprafețelor de răcire a condensatoarelor; respectarea acestor condiții la o eventuală modernizare ar duce inevitabil la îmbunătățirea vidului instalației luate în considerare. Aceste condiții s-ar putea formula astfel:

a) Pentru micșorarea rezistenței față de abur, atît la intrare cît și între țevile primei zone de condensație, acestea trebuie să aibă o secțiune de trecere cît mai mare față de abur.

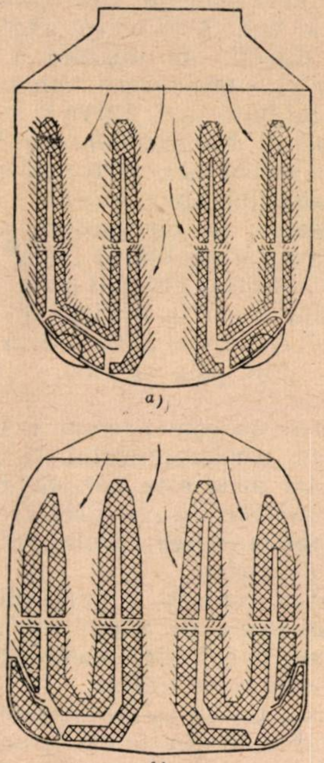
Vitezele medii între primele rînduri de țevi nu trebuie să treacă peste valoarea de 40—50 m/s.

Aceasta se poate obține prin mărirea pasului între țevi, mărirea intrării libere a aburului față de perimetrul țevilor.

b) Pentru evitarea unor valori locale prea mari ale vitezelor la intrarea în prima zonă de țevi, cît și a unei eventuale supraîncărcări a unor sectoare a zonei de răcire cu subîncărcarea altor zone, este necesară asigurarea unei rezistențe egale a curentului de abur atît pe circumferința țevilor cît și în lungul acestora.

Pentru aceasta este necesar ca, pe lîngă o bună corelare între mărimea corpului condensatorului și a secțiunii racordului de intrare, să se asigure aburului o secțiune de trecere corespunzătoare în spațiul de abur, astfel încît să se obțină o cît mai corectă împărțire pe suprafețe a aburului intrat. La condensatoarele mari, cît și la cele supraîncărcate, la părțile inferioare ale pachetului de țevi se va asigura o eliminare în trepte a condensatului, ceea ce preîntîmpină o creștere a rezistenței față de abur a părților inferioare din pachetul de țevi.

c) În cazul măririi secțiunii de trecere față de abur în stratele periferice, prin asigurarea unor canale între stratele de țevi, este necesar ca mărimea și direcția acestor secțiuni să satisfacă cerințele unor rezistențe minime și egale față de aburul intrat. Pentru aceasta, mărimea canalelor trebuie să asigure viteze satisfăcătoare, iar direcția lor trebuie să fie legată de hidrodinamica curentului principal de abur intrat în condensator din turbină, fără să se admită schimbări bruște de direcție în canale față de curentul principal.


a)

b)

Fig. 3. Exemple de repartizare rațională a suprafeței de răcire la condensatoare.

d) În limitele primei zone (zona de condensare intensivă), pentru care condiția unei rezistențe cît mai mici este primordială, numărul rîndurilor de țevi trebuie să fie cît mai mic și circulația amestecului abur — aer de la periferia zonei cu țevi către răcitorul de aer trebuie să fie astfel aleasă, încît aburul intrat în condensator sau amestecul abur — aer avînd un conținut mic de aer să nu se amestece nicăieri cu un abur avînd un conținut mai mare de aer, provenit din alte zone de condensare.

Aceasta se poate realiza prin executarea zonei de condensare intensivă în secțiunea sa transversală (direcția de circulație a aburului) sub forma unei benzi de țevi înguste sau cotite (fig. 3), care să asigure o secțiune mărită față de aburul intrat. Practic, aceasta se atinge prin crearea unor apendice în pachetul de țevi existent, în combinație cu canale interioare pentru dirijarea amestecului abur — aer ieșit din această primă zonă de țevi către răcitorul de aer.

e) În zona a doua (zona de răcire a amestecului abur-aer) este necesară asigurarea unor viteze mărite față de situația existentă înainte de modernizare, atingîndu-se valori de 40—50 m/s.

Această condiție se poate realiza prin crearea unui perete despărțitor și separarea cu ajutorul acestuia a unei zone de țevi care să formeze răcitorul de aer. Acesta va avea o secțiune redusă în direcția de mișcare a amestecului abur — aer prin micșorarea numărului de țevi sau a pasului între țevi. El va fi prevăzut cu o serie de pereți transversali sau longitudinali (șicane), cu scopul asigurării mai multor căi în calea amestecului abur — aer.

f) Eliminarea, pe cît posibil, a intrării în răcitorul de aer a unui abur „fals", cît și ajungerea unei cantități cît mai mici de abur sau amestec abur — aer la orificiul de extracție a aerului, fără ca acesta să fie trecut în prealabil prin zonele principale de răcire ale condensatorului.

Pentru aceasta este necesar a se prevedea, între corpul condensatorului și țevi, cît și în alte locuri unde este necesar, un sistem de table dirijoare care să oprească trecerea amestecului direct la ieșirea aerului, ocolind zonele principale de răcire.

g) Dirijarea corectă a curentului de abur (amestec) în zonele de răcire, cît și asigurarea unei legături bune între secțiunile diferitelor zone, conform celor arătate, fac ca sistemul de împărțire a țevilor să nu aibă influență mare (sistem rombic, cvadratic etc.), acesta putînd fi ales liber în funcție de configurația generală de așezare a țevilor.

h) Eliminarea din condensator a condensatului, cît și a amestecului aer — abur, trebuie asigurată separat și cît se poate de distanțat în secțiunea transversală a condensatorului.

În scopul asigurării unei „regenerări" a condensatului, este necesar a se asigura un contact direct între condensatul principal, care se scurge printre țevi, înainte de ieșirea din condensator, și o parte a aburului care intră în condensator.

Pentru aceasta, fie că se execută canale în pachetele de țevi, avînd secțiunea destul de mare pentru trecerea aburului spre partea de jos a condensatorului, fie că se asigură o circulație exterioară a aburului prelevat la racordul turbină-condensator și transportat în colectorul de condensat al condensatorului (fig. 10).

În figura 3, *a* și *b* sînt redate exemple de repartizare rațională a suprafeței de răcire la condensatoare, ținîndu-se seamă de toate cerințele arătate.

2. Alegerea condensatoarelor ce urmează a fi modernizate

Toate condensatoarele turbinelor cu abur care nu satisfac cerințele arătate mai sus, avînd ca urmare o funcționare nesatisfăcătoare, trebuie supuse unor verificări și probe în vederea unor eventuale reconstrucții.

Astfel, condensatoarele fără efect de regenerare, cu secțiunea de trecere foarte mică la intrarea aburului, cît și un număr de rînduri de țevi însemnat în calea amestecului abur — aer, avînd rezistențe față de abur care ating valori între 15 și 30 mm col. apă, față de numai 3—5 mm col. apă, cît este normal, este necesar să fie modernizate.

La aceste condensatoare, condensatul nu numai că nu se „regenerează", dar în multe cazuri este chiar spălat de amestecul aer-abur avînd o presiune parțială mică, ceea ce provoacă o subrăcire considerabilă, atingîndu-se valori de 8—12° C, chiar și 20° C.

În această categorie intră unele condensatoare ale firmelor AEG, „Siemens-Schuckert", „Stal" etc. Unele dintre aceste tipuri au fost deja modernizate de fabricile constructoare, totuși fără a se ajunge la valorile tehnicii actuale, avînd rezistențe mărite față de abur și o subrăcire considerabilă.

Trebuie supuse analizei și modernizării și condensatoarele cu folosirea efectului de „regenerare" în interiorul condensatorului. În această categorie intră condensatoarele în care circulația amestecului abur-aer în zona țevilor nu este asigurată pe o cale dreaptă și cît mai scurtă, rezultatul fiind amestecarea aerului din zonele cu condensarea efectuată cu cel al celorlalte zone, fapt care înrăutățește schimbul de căldură în aceste zone. De asemenea, în această categorie intră și condensatoarele în care condensatul în scurgere creează inegalitate în distribuția aburului intrat în condensator. Aici intră condensatoarele foarte încărcate, cu absorbție centrală a aerului, fără asigurarea colectării și evacuării condensatului care se scurge de pe țevile jumătății superioare a condensatorului.

În anumite cazuri poate fi rațională și modernizarea unor condensatoare avînd sarcina termică mărită (valoarea normală este de 30—50 $kg/m^2.h$), iar cînd sarcina termică depășește 70—90 $kg/m^2.h$ este necesară înlocuirea condensatorului sau o eventuală mărire a celui existent prin prelungirea lui.

Verificarea calitativă a funcționării condensatorului poate fi făcută prin compararea parametrilor săi de exploatare — diferențele de temperatură și presiunea în condensator — cu aceiași parametri ai condensatoarelor moderne în funcționare bună, obținuți prin probe sau prin calcul pentru coeficientul de transmitere a căldurii, la nivelul ultimelor cercetări (fig. 12).

Pentru determinarea diferenței de temperatură reale sau a subrăcirii condensatului, este necesar ca temperatura aburului destins să se stabilească nu pe termometrul montat pe partea de eșapare, ci pe vacuumetru, aceasta din considerentul că termometrul indică o diferență de 2—3° C și mai mult față de vacuumetru.

Este necesar a se stabili şi faptul dacă o eventuală subrăcire nu se datoreşte unui nivel prea ridicat al condensatului în condensator, ultimele ţevi funcţionînd în condensat.

Dacă pentru aprecierea funcţionării condensatorului se efectuează probe de rezistenţă* faţă de mişcarea aburului, trebuie avut în vedere că aceasta depinde de gradul de etanşare a condensatorului. Din aceste motive, dacă nu se iau măsuri pentru asigurarea unei etanşeităţi perfecte la măsurători, se pot obţine valori eronate ale măsurătorilor, în sensul micşorării rezistenţei, fapt care nu poate caracteriza rezistenţa sa reală.

Pot exista cazuri cînd o rezistenţă mărită faţă de abur nu este generată de construcţia condensatorului, ci de un ,,dop hidraulic'' în urma unei inundări cu condensat a trecerii amestecului aer-abur, sau de o executare necorespunzătoare a racordului dintre turbină şi condensator, în care caz se produce o subrăcire ,,aparentă'', deoarece temperatura aburului în racordul de eşapare a turbinei este mai mare decît temperatura sa la intrarea în pachetul de ţevi.

În unele cazuri, prin modernizare se pot îndepărta sau micşora pierderile datorite unei funcţionări necorespunzătoare a instalaţiilor de condensaţie, cauzată nu numai de condensatorul propriu-zis, ci şi de nepotrivirea dintre tipul condensatorului montat şi condiţiile locale ale apei de răcire (numărul de căi, factorul de răcire etc.).

3. Puncte de plecare în elaborarea proiectului de modernizare

Pentru obţinerea unei alcătuiri mai bune a suprafeţei de răcire la condensatoare, în cazul unei modernizări, se pot folosi următoarele mijloace :

a) Eliminarea unei părţi din ţevile existente, cît şi crearea unor apendice şi canale atît pe partea de intrare a aburului cît şi pe partea de ieşire a amestecului din sectorul principal de ţevi, precum şi formarea unor canale de trecere între ţevi care să permită trecerea unei cantităţi de abur în scopul ,,regenerării'' condensatului.

b) Montarea de noi ţevi în placa frontală cu scopul unei mai bune folosiri a acesteia, eliminarea canalelor necorespunzătoare din placa frontală, ca urmare a modernizării, şi umplerea acestor canale cu ţevi devenite surplus în altă parte, unde se creează eventuale canale noi şi apendice. Aceasta se face în cazul cînd micşorarea numărului de ţevi nu este dorită.

c) Eliminarea unor pereţi despărţitori existenţi etc. şi montarea a noi şicane, pereţi care să permită o direcţie şi viteză în direcţia corectă a amestecului abur-aer şi care să nu permită aburului să ajungă la orificiile de ieşire a aerului fără să treacă prin ţevile zonelor principale.

d) Schimbarea schemei de absorbţie a aerului (amestecului), cu modificarea locului orificiilor de ieşire, prin eliminarea vechilor conducte colectoare de aer şi crearea unui răcitor de aer interior, prin separarea unei părţi din ţevi cu ajutorul unor table despărţitoare şi şicane interioare (dacă acesta nu a fost prevăzut în construcţia condensatorului.

e) Schimbarea radicală a configuraţiei de aşezare a ţevilor în placa frontală, în cazul unei reparaţii capitale, cu înlocuirea plăcilor frontale existente. În acest caz se poate concepe din nou condensatorul conform cerinţelor tehnicii celei mai moderne, valorile de exploatare atinse putînd fi cele mai bune.

Alegerea modului de modernizare este dictată de condiţiile locale ale fiecărei centrale şi condendensator, ca : gradul de uzură a condensatorului, posibilitatea practică de efectuare a lucrărilor prevăzute, încărcarea termică a condensatorului, limita admisibilă de mărire a vitezei apei de răcire în ţevi etc.

Mai este necesar a se avea în vedere că lucrările de modernizare necesită deschiderea turbinei, respectiv a condensatorului, ceea ce impune efectuarea lucrărilor în timpul unei reparaţii capitale, iar pentru executarea lucrărilor planificate într-un termen cît mai scurt este necesară pregătirea prealabilă a unor subansamble privind lucrările de modernizare încă înainte de începerea reparaţiei capitale.

În unele cazuri, în scopul eliminării subrăcirii condensatului, s-au înfundat ultimele rînduri de ţevi cu dopuri de lemn, fără ca acestea să fie scoase, lucru care nu este corect. Micşorarea suprafeţei de răcire în urma acestei înfundări duce la înrăutăţirea vidului, pe cînd la o eliminare corectă a acestei suprafeţe din alte părţi, pe lîngă eliminarea subrăcirii, se poate îmbunătăţi vidul sau micşora pe timp de iarnă consumul de energie electrică la pompele de circulaţie, fără a influenţa în rău vidul.

O eliminare completă a unei părţi din ţevi, dacă nu este compensată de montarea a noi ţevi în alte zone, duce la micşorarea suprafeţei de răcire. Există însă cazuri cînd, cu toate că s-a micşorat suprafaţa totală chiar cu 15–20 %, suprafaţa lăsată corespunzînd cerinţelor aerodinamicii moderne privind circulaţia aburului şi permiţînd totodată mărirea vitezei apei cu o creştere corespunzătoare a coeficientului de transmitere a căldurii, vidul în condensator se îmbunătăţeşte (aceasta se referă la condensatoare cu sarcini termice sub 55–60 kg/m^2.h). Vitezele apei se pot admite pînă la 2,5 m/s la apă dulce şi sub 1,5 m/s la apă sărată sau la apă cu diferite săruri dizolvate în ea.

Condensatoarele de construcţie mai veche, în afară de defectele arătate în privinţa ţevilor, mai prezintă defectul unei intrări strangulate a aburului.

---

* Rezistenţa condensatorului pe partea de abur reprezintă căderea de presiune între racordul de intrare a aburului şi orificiul de absorbţie a aerului.

Astfel, dacă la condensatoarele moderne mărimea racordului în direcție axială reprezintă o lungime de 70—85% din lungimea condensatorului (între plăcile frontale), la condensatoarele vechi această mărime nu depășește 25—40% din lungime, racordul fiind uneori așezat chiar deplasat față de axa condensatorului. Acest fapt creează o folosire insuficientă a suprafeței de condensație, părțile mai îndepărtate ale țevilor avînd o folosire aproape nulă.

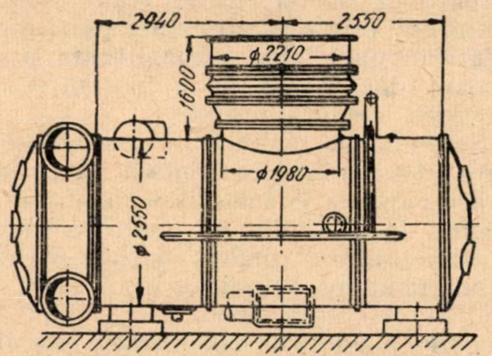


Fig. 4. Condensator cu racord strangulat.

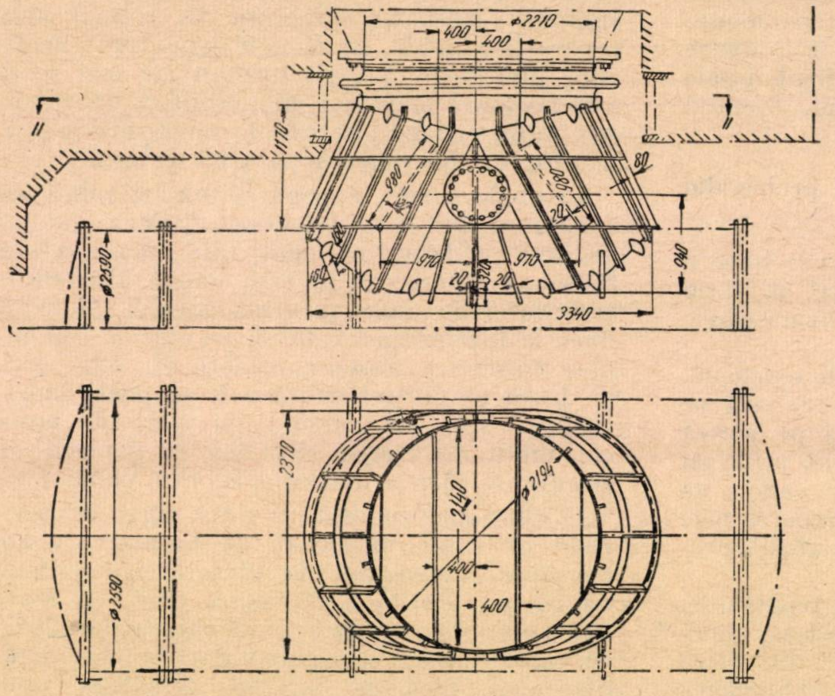


Fig. 5. Condensator cu racord strangulat, după reconstrucție.

Gradul de folosire a țevilor se poate observa, la un condensator deschis, după urmele lăsate de abur și eventualele depuneri pe țevi.

Este de menționat că, chiar în cazul unor condensatoare moderne avînd viteza aburului în racord de 70—80 m/s, racordul avînd o evazare relativ bună, se poate ca să nu fie folosită toată lungimea țevilor, aburul lovind direct numai în sectorul din fața racordului, deși în calcul a fost luată în considerare toată suprafața. Acest fapt scade eficiența condensatorului față de cea preconizată de proiectant.

Din motivele arătate, la modernizarea condensatorului este necesar să se aibă în vedere și modernizarea racordului de intrare în condensator, asigurîndu-se o cît mai bună distribuție a aburului pe toată lungimea țevilor condensatorului. Aceasta, în afara unei eventuale schimbări a racordului cu unul mai evazat, necesită încă:

— asigurarea unei distanțe suficiente între extremitatea superioară a țevilor și corpul condensatorului;

— tăierea plăcilor de susținere a țevilor pînă la nivelul superior al acestora;

— asigurarea unor orificii cît mai mari de trecere pentru abur în plăcile de susținere a țevilor;

— montarea unor eventuale aripioare de dirijare în interiorul racordului pentru dirijarea aburului pînă în părțile cele mai îndepărtate ale condensatorului.

Pentru ilustrare, în figura 4 este redat un condensator cu circulația apei pe două căi, a cărui rezistență la racordul condensatorului, pe lîngă faptul că este mai mare (viteza aburului 140—150 m/s), nu permite folosirea completă a lungimii țevilor în procesul de condensație, fapt care scade eficiența.

Pentru eliminarea acestei deficiențe se poate concepe construcția sudată din figura 5, cu posibilități de execuție în cadrul fiecărei centrale cu ocazia unei reparații, care permite, pe lîngă eliminarea rezistenței mărite, și o mai bună folosire a lungimii totale a țevilor.

Construcția trebuie verificată mecanic pentru diferențele de presiune existente, iar sudura efectuată cu multă atenție pentru a nu se obține porozități în sudură sau o rezistență mecanică micșorată.

Montarea aripioarelor în racordul condensatorului poate fi făcută sau prin sudură, sau prin șuruburi, și astfel orientate pentru a opune o rezistență minimă și a asigura o dirijare cît mai bună a aburului în spațiile slab folosite ale condensatorului (fig. 6).

4. Măsuri suplimentare necesare cu ocazia modernizării condensatoarelor

În afară de îmbunătățirea suprafeței de răcire, cît și a funcționării racordului, este necesar a se lua și alte măsuri în scopul îmbunătățirii, cît și exploatării condensatoarelor, cum ar fi:

a) Schimbarea fixării țevilor în cazul fixării prin presetupe, prin vălțuire la ambele capete.

b) Ermetizarea plăcilor frontale cu mase bituminoase.

c) Crearea unei sectorizări în interiorul condensatorului, cu scopul obținerii unui condensat cît mai curat pentru cazane.

d) Montarea unor pereți suplimentari pentru eliminarea unor eventuale vibrații anterioare.

e) Refacerea condensatorului din circulația pe o cale pe circulație cu două căi, în scopul asigurării unei eventuale posibilități de curățire în mers.

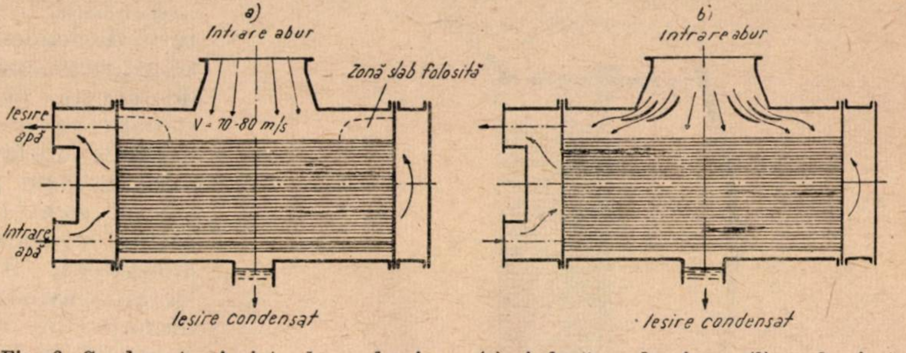


Fig. 6. Condensator înainte de modernizare (*a*) și după modernizare (*b*) modernizat prin montarea de aripioare pentru dirijarea aburului în spațiile slab folosite.

f) Înlocuirea colectorului de condensat existent cu un colector „regenerativ”.

g) Schimbarea ejectorului existent cu altul mai economic.

Avînd în vedere că măsurile de la pct. a, d, e, g sînt cunoscute, în cele ce urmează se prezintă măsurile de la punctele b, c, f.

Ermetizarea plăcilor frontale cu mase bituminoase. Este cunoscut că menținerea unei ermetizări perfecte în exploatare între țevile de condensator, relativ subțiri, și plăcile frontale nu este posibilă. Dacă anumite scurgeri ale apei brute în spațiul de abur nu se observă la controalele normal folosite în centrale (probe hidraulice), la un control cu fluoresceină și lampă cu raze ultraviolete, acestea pot fi detectate pînă la cele mai fine forme, fără însă ca nici în acest caz să se poată ține seamă de toate condițiile de exploatare, practic existînd întotdeauna scurgeri, ceea ce este periculos pentru cazane funcționînd la presiuni mari.

Pentru eliminarea acestui neajuns, se pot folosi cîteva metode, dintre care una este ermetizarea plăcilor frontale cu mase bituminoase. Această metodă se poate aplica la condensatoarele mandrinate anterior și care au capetele țevilor ieșite cu circa 2—3 mm în afara plăcilor frontale.

Metoda constă în curățirea plăcilor prin sablare cu nisip, o degresare cu neofalină sau spirt și aplicarea unuia sau a două strate de fenolformaldehidă, cu ajutorul șprițului sau pensulei, ceea ce formează baza pentru aplicarea, tot cu șprițul sau pensula, a 2—3 strate bituminoase propriu-zise.

După operația de aplicare, se usucă plăcile circa 4—5 ore la temperatura de 20—30°C și apoi se aplică ultimul strat cu o uscare ulterioară de trei zile.

Masa bituminoasă este un amestec între bitum, fire de azbest, ulei vegetal și solvent (white-spirit), iar lacul fenolformaldehidă reprezintă un amestec de 60% lac semifabricat pe bază de bachelită, talc 9%, alb de zinc 8%, miniu de fier 14% și cromat de zinc 9%.

Drept solvent se folosește white-spirit amestecat cu xilen $[C_6H_4(CH_3)_2]$ în proporție de 1:1, acest solvent putînd fi pînă la 15% din greutatea masei.

Cantitatea necesară de fenolformaldehidă este de circa 0,5 kg/m² (două strate), iar de masă bituminoasă de 0,5 kg/m² și strat fără greutatea solventului.

În figura 7 se redă schematic ermetizarea țevilor față de placa frontală a condensatorului.

Sectorizarea condensatorului. Creînd trepte de salinitate în condensator, prin intermediul sectorizării acestuia, se poate colecta și scoate din condensator, pe lîngă condensatul principal, o parte sau toată cantitatea apei de răcire care a pătruns în condensator prin neetanșeități sau prin eventuale distrugeri ale vreunei țevi.

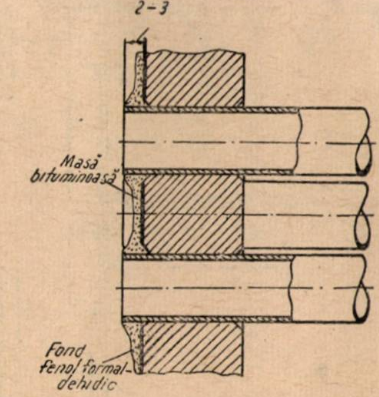


Fig. 7. Placă frontală etanșată cu masă bituminoasă.

Aceasta se poate realiza prin montarea unor pereți la distanță de circa 150 mm de la placa frontală, formîndu-se sectoare saline, cu posibilitatea extragerii condensatului din acest sector și a apei pătrunse prin neetanșeitate, separat față de restul condensatului.

Sectoarele de salinitate, în cazul unor neetanșeități la placa frontală, colectează 70 — 97%

din apa brută pătrunsă, ea putînd fi eliminată prin pomparea ei spre epurarea chimică. Aceasta permite menținerea unei calități superioare a condensatului și elimină necesitatea opririi urgente a grupului pentru eliminarea unor eventuale neetanșeități apărute în exploatare. În figura 8 este redată schematic o astfel de sectorizare și creare de trepte de salinitate. Peretele separator al treptei de salinitate este fixat etanș de corpul condensatorului prin sudură.

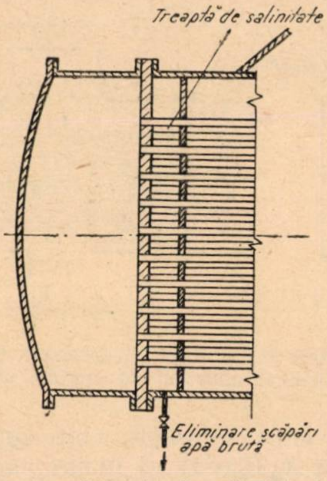

Treaptă de salinitate
Eliminare scăpări apă brută

Fig. 8. Crearea unei trepte de salinitate în condensator.

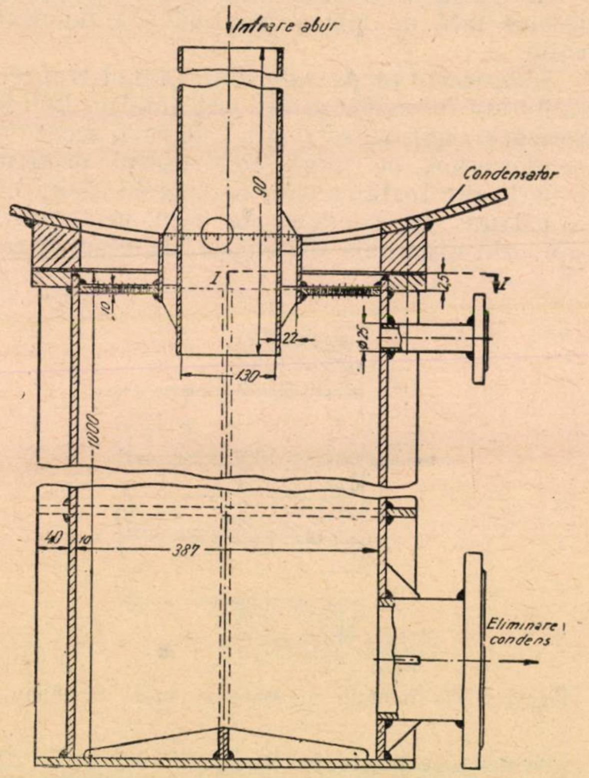

Intrare abur
Condensator
90
I
25
10
22
ø25
130
1000
40
10
387
Eliminare condens

Fig. 9. Colector regenerativ cu aducțiune de abur din spațiul central în pachetul de țevi.

Combinarea metodei de bitumizare cu cea de creare a unor trepte saline poate garanta o etanșeitate perfectă și elimină pătrunderea apei brute în condensat prin neetanșeitățile condensatorului.

Înlocuirea colectorului de condensat existent cu un colector „regenerativ". Colectorul de condensat de tipul „regenerativ" se deosebește de construcția colectoarelor normale prin faptul că este prevăzut pentru efectuarea unei preîncălziri, degazarea condensatului, cît și colectarea eventualelor drenaje care intră în el. Acest tip de colector poate fi folosit în cazul cînd se prevede degazarea în condensator sau dacă subrăcirea nu poate fi eliminată prin alte metode.

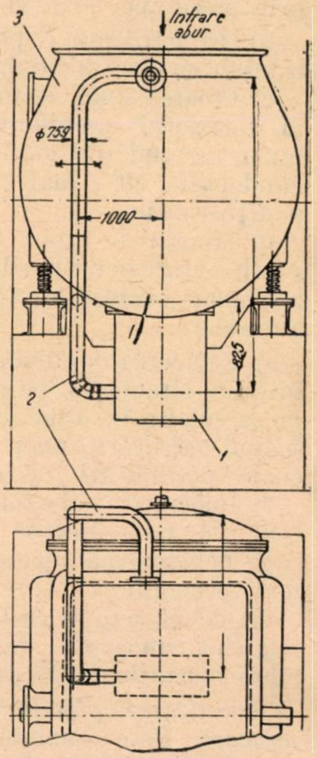

3
Intrare abur
ø752
1000
825
2
1

Fig. 10. Conductă exterioară pentru aducțiunea aburului la colectorul de condensat, în scopul regenerării:

1 — colector; 2 — conductă exterioară de aducțiune a aburului; 3 — condensator.

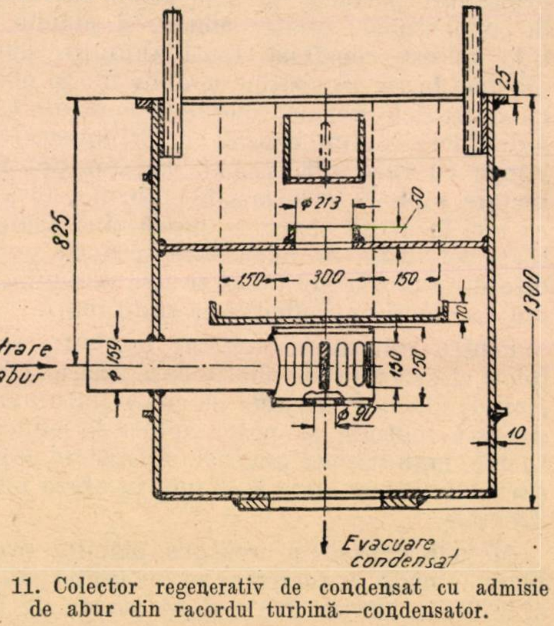

25
ø213
50
825
150
300
150
1300
70
Intrare abur
ø159
150
250
ø90
10
Evacuare condensat

Fig. 11. Colector regenerativ de condensat cu admisie de abur din racordul turbină—condensator.

Mărimea colectorului trebuie aleasă în funcție de flanșa existentă deja la colectorul neregenerativ.

Un exemplu de execuție simplă prin sudură a unui colector regenerativ este redat în figura 9. Colectorul este de secțiune pătrată.

Condensatul format în condensator trece printr-o placă găurită cu găuri de 5 mm, în jos, întîlnind aburul care vine din interiorul condensatorului. În cazul asigurării aburului printr-o conductă exterioară (fig. 10) se poate folosi colectorul din figura 11, în care aburul vine din exterior printr-o conductă legată de racordul condensatorului.

5. Calculul termic simplificat în cazul executării modernizării

a) *Aprecierea creșterii vidului.* Aprecierea creșterii vidului în urma reconstrucției condensatorului fără „regenerare” se poate face plecînd de la premisa că după eliminarea principalelor lipsuri, caracteristice condensatoarelor vechi, indicele de exploatare satisface cerințele condensatoarelor moderne.

Indicii corespunzători pot fi determinați pe baza curbelor experimentale existente.

Astfel, în figura 12 sînt date valorile coeficientului de transmitere a căldurii pentru condensatoarele staționare cu două căi, în funcție de temperatura de intrare a apei de răcire și coeficientul B.

$$B = \frac{1{,}1\,w}{\sqrt[4]{d_{int}}},$$

unde

w este viteza medie a apei în țevi, m/s ;
d_{int} — diametrul interior al țevii, mm.

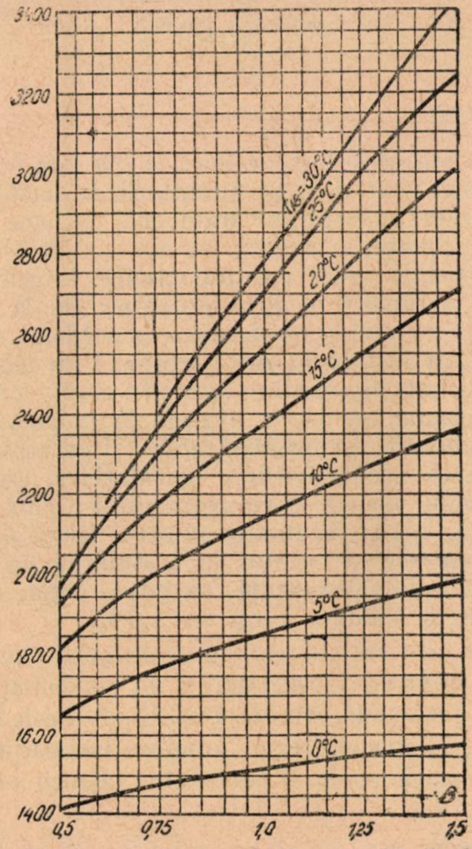


Fig. 12. Coeficientul de transmitere a căldurii al unui condensator cu două căi (grad de curățenie 0,8).

Aceste valori sînt date pentru condiții de exploatare bune în ceea ce privește gradul de curățenie a suprafeței de răcire și etanșeitatea pe partea de vid.

În cazul unui număr de căi, Z, diferit de două, este necesară înmulțirea coeficientului de transmitere a căldurii, obținut din grafic, cu coeficientul a :

$$k = k_a \cdot a \ [\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ\text{C}],$$

unde :

k_a este coeficientul de transmitere obținut din graficul din figura 12 ;
a — coeficientul ale cărui valori sînt date în tabela 1.

Tabela 1

Valorile coeficientului a $[a = f(z;\ t_1)]$

t_1, °C / Z [căi]	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
1	0,90	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,99
2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	1,10	1,09	1,07	1,06	1,04	1,03	1,01
4	1,20	1,17	1,14	1,11	1,09	1,06	1,03

Determinîndu-se k, se poate trece la determinarea valorii corespunzătoare a diferenței de temperatură δ_t :

$$\delta t = t_k - t_2 = e^{\frac{\Delta t}{\frac{k \cdot F}{G}}} - 1,$$

cît și temperatura aburului din condensator :

$$t_k = t_1 + \Delta t + \delta t,$$

unde

$\Delta t = t_2 - t_1$ este diferența de temperatură a apei de răcire în condensator, °C ;
F — suprafața de răcire a condensatorului, m² ;
G — debitul apei de răcire, kg/h ;
e — baza logaritmului natural.

Încălzirea apei în condensator Δt poate fi calculată pe baza formulei :

$$\Delta t = 525 \cdot 10^3 \, \frac{D_k}{G},$$

unde D_k este debitul de abur intrat în condensator, t/h.

Pentru determinarea lui δt se poate folosi graficul din figura 13, pe baza unui Δt apreciat și a lui n

$$n = \frac{k \cdot F}{G}.$$

Prin compararea rezultatelor presiunii și diferenței de temperatură, obținută prin metoda arătată, cu valorile reale în aceleași condiții (înainte de modernizare), se poate evalua aproximativ îmbunătățirea funcționării condensatorului.

În cazul măririi lungimii prin prelungirea condensatorului (fig. 14) și folosirea surplusului de suprafețe cu un randament mai scăzut, este necesar a se introduce în formulele precedente,

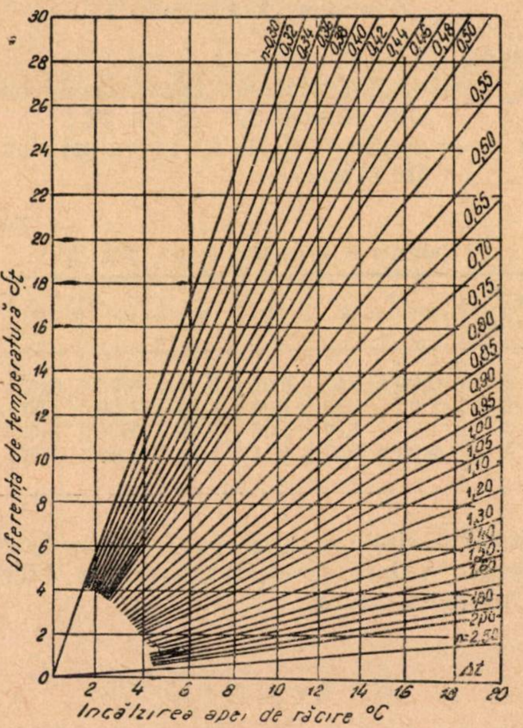


Fig. 13. Grafic pentru determinarea diferenței de temperatură.

în locul suprafeței F, o suprafață echivalentă, F_e :

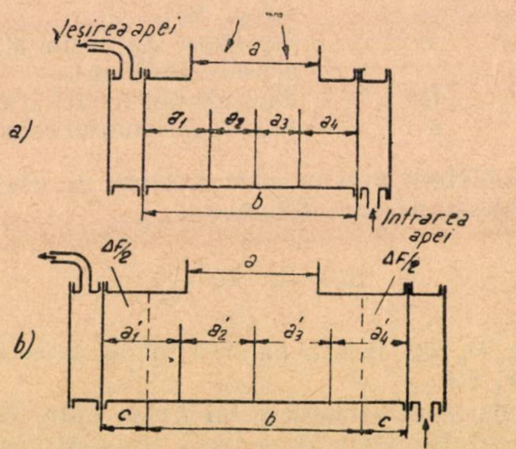


Fig. 14. Prelungirea condensatorului existent în cazul modernizării :
a – înainte de modernizare ; b – după modernizare.

$$F_e = F_0 + b \cdot \Delta F,$$

unde

F_0 este suprafața condensatorului înainte de modernizare, m²;

ΔF – suprafața suplimentară, m²;

b — coeficientul care caracterizează gradul de folosire a suprafeței suplimentare ($b = 0{,}4 - 0{,}6$ în cazul racordurilor înguste ; $b = 0{,}7 - 0{,}8$ în cazul racordurilor normale).

b) *Verificarea secțiunilor de trecere pentru abur.* La efectuarea proiectului de modernizare, este necesară verificarea secțiunii de intrare a aburului în pachetul de țevi, ca și a secțiunilor și canalelor de circulație. De asemenea, este necesar ca viteza aburului să nu treacă de 40—50 m/s în secțiunile de intrare și 60—70 m/s în canalele de circulație. În unele cazuri este greu să se mențină vitezele și totodată să nu se depășească sarcinile termice. În aceste cazuri se admit viteze de 60—65 m/s la secțiunea de intrare în țevi și 100—120 m/s în canalele de circulație.

Pentru calculul vitezelor este necesară determinarea volumului specific v și a debitului volumetric V, pe baza elementelor cunoscute din exploatare, cît și determinarea secțiunilor de trecere a aburului între țevi S, viteza stabilindu-se după formula cunoscută :

$$w = \frac{V}{S}\ [\text{m/s}].$$

Concluzii

În centralele termoelectrice din țara noastră, pe lîngă centralele cu instalații de condensație la nivelul concepțiilor moderne, cu bune rezultate economice, există un număr foarte mare de centrale avînd condensatoare învechite, ai căror parametri necorespunzători duc la înrăutățirea vidului și ca urmare la scăderea economicității instalației de turbine. Prin modernizarea condensatoarelor conform cerințelor științei actuale, se poate ajunge la îmbunătățirea funcționării condensatoarelor și cu aceasta la ridicarea economicității instalațiilor, ceea ce, la nivelul întregii țări, reprezintă o cifră apreciabilă. Astfel, în medie pentru fiecare 0,01 at îmbunătățire a vidului la instalațiile cu parametrii nominali scăzuți, se poate obține o economie de căldură pînă la 1,9%.

Din cele arătate rezultă necesitatea unei analize complexe a instalațiilor de condensație din toate centralele, atît ale D.E.E. cît și cele industriale, și modernizarea tuturor instalațiilor de condensație conform cerințelor tehnicii actuale.

Bibliografie

[1] Gheorghiu-Dej, Gh. *Raport la cel de-al III-lea Congres al partidului.* Editura politică, 1960.

[2] Berman, L. D. *Mărirea economicității turboagregatelor prin reconstruirea preîncălzitoarelor și a condensatoarelor.* Izvestiia VTI, nr. 6, 1952.

[3] Berman, L. D. *Instalațiile de condensație ale centralelor moderne și unele cerințe la proiectarea alimentării cu apă.*

[4] Berman, L. D. și Fuchs, S. N. *Ermetizarea plăcilor frontale ale condensatoarelor turbinelor cu abur.* Elektriceskie stanții, nr. 4, 1960.

[5] Berman, L. D. și Prohorova, E. I. *Îmbunătățirea balanței sărurilor în ciclul de abur al centralei electrice.* Elektriceskie stanții, nr. 10, 1958.

[6] Berman, S. S. *Calculul schimbătoarelor de căldură ale instalațiilor de turbine.* Gosenergoizdat, 1962.

[7] Bliudov, V. P. *Instalațiile de condensație ale turbinelor cu abur.* Gosenergoizdat, 1951.

[8] Murin, G. A. *Subrăcirea condensatului în condensatoarele turbinelor cu abur.* Za ekonomiu topliva. nr. 1, 1952.

[9] Clapper, Ray L. *Tubular Heat Exchanger.* Power Engineering, iunie 1957.

[10] Schlotter, F. și Grozs, I. *Experimentarea metodei luminescenței pentru detectarea neetanșeităților la condensatoarele turbinelor cu abur.* Energetica nr. 6, 1961.

Mărirea eficacității spălării prin barbotaj a aburului în apa de alimentare, adăugînd apei de cazan amoniac

Ing. **C-tin Ungureanu**

În centrala termolectrică Paroșeni, pierderile de condensat sînt completate prin adăugare de apă epurată chimic, nedesiliciată, din care cauză conținutul de silice în apa de alimentare se menține la valori de 0,2—0,3 mg/l.

Cauzele care duc la impurificarea aburului sînt de ordin constructiv, de exploatare și de natură chimică. Cauza cea mai greu de rezolvat a fost aceea constructivă, deoarece cazanele au fost echipate numai cu dispozitive de separare mecanică a aburului de apă. Cazanele debitau un abur de calitate nesatisfăcătoare, ceea ce ducea la depuneri mari pe paletele turbinelor, de natură silicioasă, greu solubile (tabela 1).

Tabela 1

Compoziția %	Treptele turbinei					
	9	10	11	12	13	14
Na_2CO_3	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NaCl	1,4	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4
SiO_2	99,5	91,2	96,2	80,0	91,6	96,5
Fe_2O_3	6,8	4,0	3,2	3,2	2,4	2,0
CaO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SO_4^{2-}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Cealaltă cauză, de natură chimică, constă în faptul că la presiuni de peste 90 kgf/cm^2 aburul poate fi impurificat prin dizolvarea sărurilor aflate în apa din cazan. Formarea depozitelor silicioase pe paletele turbinelor, așa cum rezultă din analizele efectuate, arată că dintre sărurile din apa cazanului trec în abur, în proporții mari, acidul silicic, apoi oxizii de fier și mai puțin sărurile alcaline.

Astfel a apărut necesitatea rezolvării uneia dintre cele mai complicate probleme ale termotehnicii moderne, și anume obținerea unui abur cît mai pur.

În acest sens, în anii 1950—1960, la ICT Paroșeni s-au montat în tamburii cazanelor dispozitive de spălare a aburului cu apa de alimentare prin barbotaj, efectul aplicării acestui procedeu bazîndu-se pe diferența mare de solubilitate a SiO_2 în apa de alimentare față de abur.

Eficacitatea montării acestor dispozitive a fost verificată prin lucrările experimentale efectuate în 1960, cu ocazia încercărilor tehnico-chimice la cazanele în funcțiune [1]. Atunci nu se putea aprecia efectiv aportul acestor dispozitive; în anii următori, cu ocazia opririlor turbinelor s-a văzut că soluția propusă pentru purificarea aburului nu a rezolvat în întregime deficiențele anterioare, adică formarea depunerilor pe paletele turbinelor, după cum se vede în figura 1.

Alături de această problemă se impune prevenirea fenomenelor de coroziune. Din lucrările efectuate [2] în cursul anului 1962 a reieșit efectul obținut prin utilizarea amoniacului în acest sens, și anume că mărirea pH-ului la valori de 8,0—8,5 în apa de alimentare duce la reducerea intensă a fenomenelor de coroziune a echipamentului energetic. Aceste concluzii au fost confirmate de indicatorii de coroziune, așa cum se vede în tabela 2 și figura 2. Rezultatele obținute în urma alcalinizării cu amoniac a ciclului apă—abur au arătat că procesul de coroziune în perioada 1962—1963 a scăzut la 0,0017 mm/an, față de 0,0028 mm/an cît a

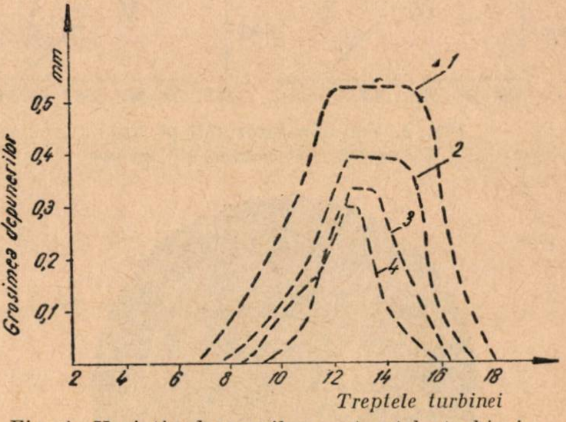


Fig. 1. Variația depunerilor pe treptele turbinei:
1 — înainte de montarea dispozitivelor de spălare; *2* — după montarea dispozitivelor de spălare; *3—4* — cu dispozitive de spălare și adaos de NH_3 în apa de cazan.

Tabela 2

Anul	U/M	Cazanele			Economizoarele			Degazoarele		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1958	g/m².h mm/an	0,025 0,028			0,028 0,033					
1959	g/m².h mm/an	0,0065 0,0075	0,0045 0,0064		0,004 0,005	0,0012 0,0014				
1960	g/m².h mm/an	0,0026 0,0032	0,0062 0,0072		0,0046 0,0051	0,019 0,027				
1961	g/m².h mm/an	0,0021 0,0028	0,0022 0,0027	0,0063 0,0069	0,0111 0,0114	0,0029 0,0033	0,0014 0,0018			
1962	g/m².h mm/an	0,0036 0,0038			0,0032 0,0039	0,0020 0,0024			0,0012 0,0014	0,0031 0,0035
1963	g/m².h mm/an	0,0015 0,0017	0,0013 0,0014	0,0024 0,0028	0,0012 0,0014	0,0014 0,0016	0,0007 0,0008	0,0013 0,0015	0,00020 0,00023	

fost în anii 1961—1962, adică la aproape jumătate din valoarea anterioară.

Aceste rezultate au fost confirmate și prin structura cristalină, așa cum se vede în figurile 3, 4, 5, 6 și 7. Primele patru fotografii s-au făcut pe indicatorii de coroziune după adăugarea amoniacului, fotografia 5 reprezintă structura metalului înainte de a introduce amoniac.

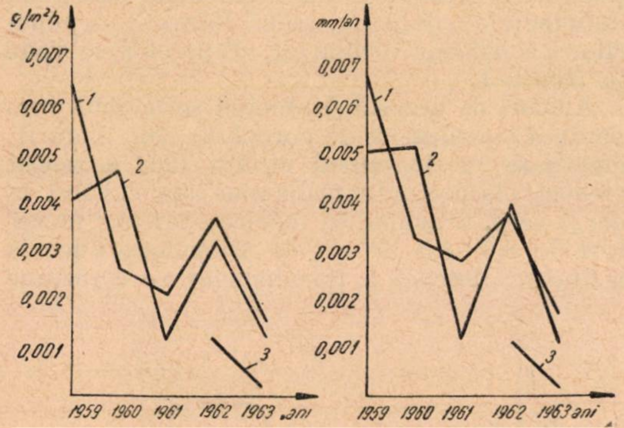


Fig. 2. Variația coroziunii pe ani:
1 – la cazane; *2* – economizor; *3* – degazor.

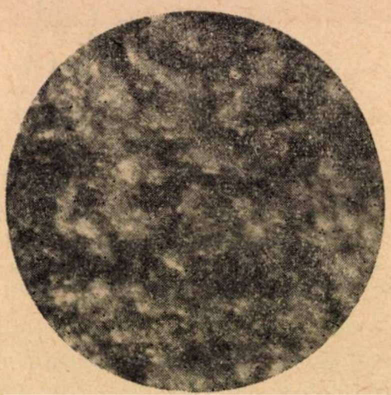


Fig. 3.

Rezolvarea favorabilă a fenomenului de coroziune prin adaosul de amoniac în ciclul apă—abur a avut consecințe și asupra micșorării depunerilor pe paletele turbinelor (fig. 1), cantitatea depunerilor scăzînd cu aproximativ 40% față de perioada premergătoare adăugării amoniacului.

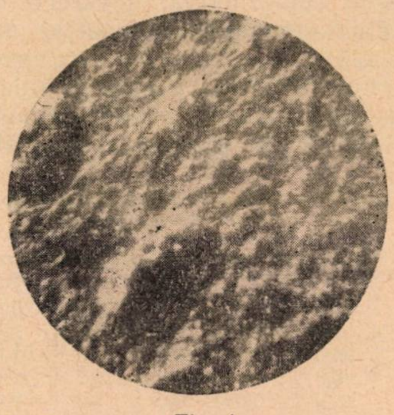


Fig. 4.

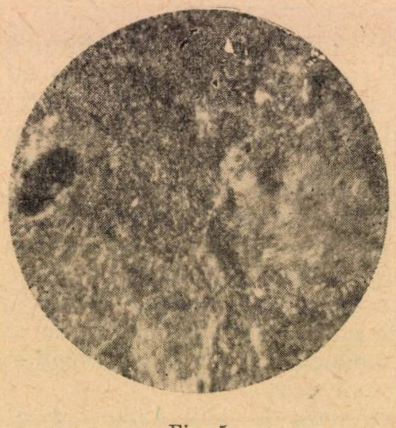


Fig. 5.

Rezultatele redate în figura 1 sînt strîns legate de cercetările arătate în figura 3; în perioada în care, deşi erau montate dispozitivele de spălare a aburului, datorită însă unui pH scăzut, antrenările de SiO_2 în abur erau mari, cu toate că în apa de cazan se menținea un conținut mic de silice. Prin mărirea pH-ului, așa cum se vede în figura 8, cu toate că valoarea SiO_2 din apa de cazan este mare, antrenările de SiO_2 în abur sînt mici; numai așa se poate explica micșorarea esențială a depunerilor pe paletele turbinelor [3].

Fig. 6.

Aceste date experimentale verificate cu ocazia reviziei turbinelor în 1963, după cum rezultă din tabela 3 și figurile 9 și 10, au compoziții diferite. La baza reducerii acestor depuneri din ultimul timp, se pare că au loc următoarele reacții: la presiunea de 50 at, Na_2CO_3 se descompune complet, cu degajare de CO_2:

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows 2NaOH + CO_2.$$

Cînd temperatura și presiunea scad, reacția are loc spre stînga; NaOH, care se găsește în depunerile solide, absoarbe CO_2, accelerînd eliminarea fazei solide, și NaOH trece în Na_2CO_3. De asemenea, apa care conține CO_2 dizolvă silicații după ecuația următoare:

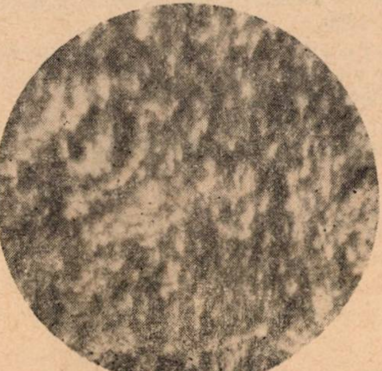


Fig. 7.

$$H_2CO_3 + Na_2SiO_3 \rightleftarrows H_2SiO_3 + Na_2CO_3.$$

Temperaturile înalte condiționează mersul reacției spre stînga, cu formare de silicat, pe cînd temperaturile joase deplasează reacția spre dreapta, iar pe paletele turbinei se va depune acid silicic. Ecuația următoare arată ce măsuri trebuie luate pentru a preveni formarea depunerilor:

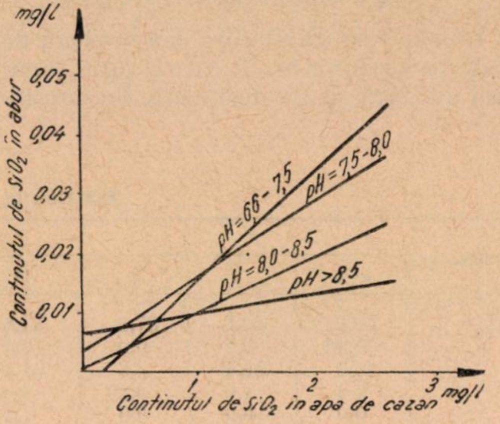


Fig. 8. Variația conținutului de SiO_2 la pH-uri diferite ale aburului.

$$Na_2SiO_3 + H_2O \rightleftarrows SiO_2 + 2NaOH.$$

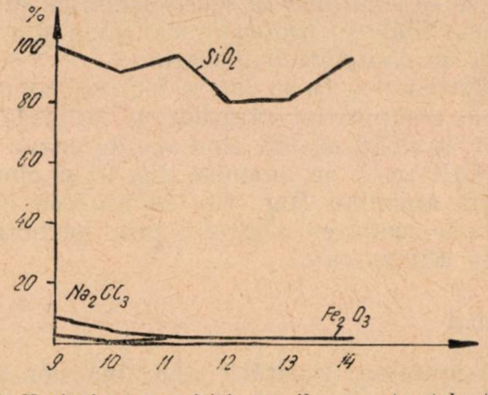


Fig. 9. Variația compoziției sărurilor pe treptele turbinei (spălarea aburului fără adaos de NH_3).

Cu cît concentrația de NaOH va fi mai mică în apa de cazan, cu atît reacția se deplasează în sensul formării SiO_2.

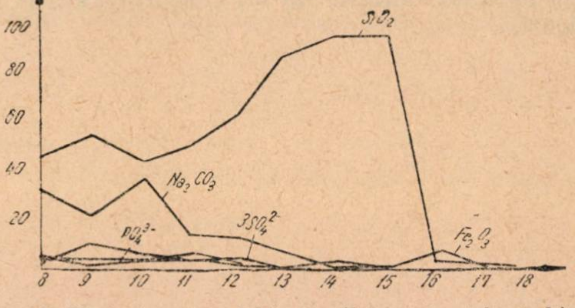


Fig. 10. Variația compoziției sărurilor pe treptele turbinei nr. 1 (cu adaos de NH_3).

Pentru a frîna antrenările de SiO_2 în abur și a dirija reacția spre stînga, este necesară menținerea în ciclul apă—abur a unui pH mai mare de 8,0 ; acest lucru este asigurat prin adăugarea de amoniac, care leagă CO_2 după ecuația :

$$CO_2 + 2NH_3 + H_2O = (NH_4)_2CO_3.$$

În tabela 3 se dă analiza compoziției depunerilor de pe turbina nr. 1, care a funcționat timp de trei ani fără să fie desfăcută. În cursul celuilalt an, cînd a început să se adauge amoniac în apa de cazan, compoziția depunerilor a început să se schimbe, în sensul formării depozitelor insolubile în proporție mai mică și a celor solubile în cantități mai mari.

Tabela 3

Distribuția sărurilor pe treptele turbinei

Compoziția, %	Treptele										
	5–8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Na_2CO_3	32,9	22,2	37,1	14,8	13,7	6,36	1,5	1,0	0,0	0,0	0,0
NaCl	0,44	0,2	0,0	2,4	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SiO_2	46,0	55,4	5,8	64,12	90,20	97,06	97,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe_2O_3	5,4	2,0	3,12	4,52	0,72	0,8	3,36	0,6	—	—	—
CaO	0,0	0,0	0,0	4,36	1,68	0,0	0,6	0,0	0,76	0,0	0,0
SO_4^{2-}	3,2	10,9	7,8	4,4	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PO_4^{3-}	4,16	4,0	4,28	1,76	3,88	2,78	1,38	1,74	0,0	0,0	0,0
NaOH	6,8	4,8	0,4	16,4	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

În figurile 9 și 10 se dau rezultatele comparative ale compoziției sărurilor pe treptele turbinelor, în două cazuri, cînd apa de cazan nu a fost alcalinizată cu amoniac (fig. 9) și cînd s-a adăugat amoniac (fig. 10), în ambele cazuri făcîndu-se spălarea aburului prin barbotaj în apa de alimentare.

Concluzii

1. Asigurarea purității aburului constituie una dintre problemele complicate ale energeticii moderne ; ea determină în mare parte funcționarea economică și alegerea schemelor tehnice ale centralelor electrice.

Rezolvarea problemei devine complicată atunci cînd la alimentarea cazanelor se folosește apă epurată chimic, cu un conținut ridicat de săruri.

2. Ca rezultat al lucrărilor efectuate la ICT Paroșeni, s-a constatat că montarea dispozitivelor de spălare a aburului, prin barbotaj în apa de alimentare, avînd un $pH > 8,0$, rezolvă problema producerii unui abur aproximativ pur, folosind apă de cazan cu concentrații mari de săruri.

3. Utilizarea apei de alimentare cu un $pH > 8,5$ dă posibilitatea de a mări siguranța exploatării centralelor electrice, permite funcționarea îndelungată a turbinelor fără a limita sarcina, mărind randamentul centralei, prin reducerea purjării cazanelor, și reduce depunerile de săruri insolubile pe paletele turbinelor.

4. Aplicarea spălării aburului prin barbotaj în apa de alimentare, alcalinizată cu amoniac, dă posibilitatea utilizării apei epurate chimic, cu conținut ridicat de săruri, și în anumite cazuri favorabile duce la renunțarea utilizării instalațiilor de vaporizare.

Bibliografie

[1] Ungureanu, C. *Spălarea prin barbotaj a aburului în apa de alimentare, la cazanele P.K.10.* Energetica nr. 6, 1960.

[2] Ungureanu, C. *Folosirea amoniacului la alcalinizarea apei de alimentare pentru prevenirea coroziunii.* Energetica nr. 8, 1962.

[3] Stanisavlievici, L. *Tratarea apelor industriale și reziduale.* Editura tehnică, 1957.

Aspecte teoretice și practice privind simetrizarea sistemelor electrice

Ing. **A. Carabulea**

Un sistem electric trifazat se consideră simetric în cazul cînd impedanțele surselor generatoare ale elementelor de transfer și ale elementelor consumatoare sînt identice pe cele trei faze, iar tensiunile electromotoare din circuitele componente sînt egale între ele. Într-un asemenea sistem electric trifazat, puterea instantanee a sistemului este constantă și egală cu puterea medie a unei perioade, fapt ce duce la realizarea de pierderi minime în transferul de energie electrică de la bornele surselor generatoare la consumatori, acesta fiind în principal motivul pentru care se urmărește respectarea, pe cît posibil, a condițiilor de simetrizare.

O problemă specială o ridică consumatorii, și îndeosebi marii consumatori monofazați, care introduc în sistemele electrice trifazate încărcări nesimetrice pe cele trei faze, ceea ce implică apariția în sistem a unor curenți și tensiuni nesimetrice. În aceste cazuri, puterea instantanee din sistem nu mai este constantă și egală cu puterea medie dintr-o perioadă. Puterea instantanee conține un termen de frecvență dublă, care conduce la mărirea pierderilor de energie electrică atît în elementele generatoare, în linii de transport, cît și la consumatori. Deci în cazul unui sistem energetic local sau regional se pune problema determinării celor mai raționale regimuri de funcționare, astfel încît să se asigure alimentarea cu energie de calitate a tuturor tipurilor de consumatori, iar pierderile de energie electrică să fie minime.

În lucrarea de față se analizează pe scurt tipurile de asimetrii și disimetrii, modul lor de calcul cu ajutorul unor relații simple, repercusiunile pe care le au asupra generatoarelor și asupra consumatorilor. Totodată se face o prezentare unitară a concepțiilor și condițiilor de simetrizare a sarcinilor electrice din punct de vedere teoretic și practic, cu scopul, pe de o parte, de a face unele precizări pe parcursul expunerii, iar pe de altă parte de a înlesni introducerea procedeelor de simetrizare la nivelul practicii de exploatare a rețelelor electrice, ceea ce va avea drept consecință îmbunătățirea regimurilor de funcționare a sistemelor electrice trifazate din țara noastră, care alimentează și vor alimenta o serie de consumatori nesimetrici, ce se vor construi atît în șesenal cît și în perspectivă.

Asimetriile și disimetriile unui sistem electric trifazat, denumite și nesimetrii, pot fi definite fie în funcție de numărul de impedanțe care caracterizează nesimetria (simplă sau multiplă), fie în raport cu sensul de transfer al energiei (nesimetrie longitudinală sau transversală) [1].

Dezechilibrul unei linii electrice trifazate se poate caracteriza prin intermediul unor rapoarte între componentele de secvență inversă și homopolară și componenta de secvență directă.

În primul caz, raportul poartă denumirea de asimetrie, iar în cazul al doilea, de disimetrie. Cînd rețeaua electrică are neutrul izolat, gradul de asimetrie în curent este egal cu zero.

În cadrul sistemelor energetice trifazate pot interveni nesimetrii atît în regim normal cît și în regim de avarie.

Nesimetriile din regimul de avarie sînt eliminate o dată cu lichidarea avariei; cele din regimul normal de funcționare pot crea dificultăți în exploatare dacă nu se preconizează măsuri de simetrizare.

Liniile electrice care prezintă o nesimetrie longitudinală și transversală prin construcție sînt cele realizate după schema două conductoare — pămînt (DCP) sau cele trifazate puse să funcționeze în două faze. La liniile electrice nesimetrice, în general, și la cele nesimetrice prin construcție, deși se aplică un sistem simetric de tensiuni, rezultă la bornele sarcinii un sistem nesimetric de tensiuni, iar pe linie, un sistem nesimetric de curenți. În funcție de gradul de nesimetrie al unui sistem electric, se apreciază posibilitatea încărcării lui cu putere activă și reactivă.

Nesimetria de curenți și tensiune solicită, din punct de vedere mecanic, motoarele electrice, reducîndu-le cuplul activ și randamentul, făcînd uneori chiar imposibilă continuarea funcționării. Liniile electrice nesimetrice creează și posibilitatea inducerii în circuitele învecinate de telecomunicații a unor tensiuni și curenți paraziți, care pot periclita funcționarea normală a liniilor de curenți slabi [5], [6].

Pentru a aprecia în ce măsură nesimetria dăunează diverșilor consumatori de energie electrică în general, se calculează gradele de disimetrie și asimetrie în curent și tensiune și se compară cu valorile normate. În literatură [1], [2] se arată că un sistem de curenți cu un grad de nesimetrie sub 10% și un sistem de tensiuni cu un grad de nesimetrie sub 5% pot fi considerate practic simetrice. Dacă gradul de asimetrie se calculează numai pentru generatoarele din sistemele electrice locale, acest raport poate lua alte valori, în funcție de tipul și puterea agregatului considerat [3], [4]. Pentru a preveni inconvenientele datorită nesimetriei în exploatarea mașinilor electrice [3], [4], se aleg parametrii funcționali astfel ca o serie de condiții de natură electrică (disimetrii și asimetrii), de natură termică (încălzirea rotorului și statorului), de natură mecanică (vibrații admisibile ale mașinii), de natură economică (pierderi minime) să fie îndeplinite la puterea utilă produsă maximă [3], [4].

1. Premisele de calcul ale simetrizării sarcinii

Compensarea sarcinilor electrice nesimetrice se poate realiza fie prin dispozitive statice (inductanțe sau capacități), fie prin dispozitive dinamice (mașini asincrone sau compensatoare sincrone). Mașinile sincrone sau asincrone au, în general, rolul unui șunt pentru componenta inversă care ia naștere în cazul sarcinii nesimetrice.

Calculul compensării prin dispozitive statice se poate efectua fie utilizînd-se în calcule puterea fluctuantă, fie operîndu-se direct asupra valorilor curenților care circulă în sistem.

Primul aspect ne permite simetrizarea sarcinii, cu condiția ca puterea fluctuantă rezultantă în sistem să fie nulă [1], [7], [8]. Cel de-al doilea aspect constă în stabilirea valorilor reactanțelor și admitanțelor din schema dispozitivului static, astfel încît să rezulte o circulație de curenți simetrici pe cele trei faze ale sistemului energetic considerat [1], [9].

1.1. *Condițiile compensării pe baza puterii fluctuante*

Pentru a se arăta modul în care anularea puterii fluctuante conduce la simetrizarea sarcinilor monofazate racordate la un sistem energetic, se vor prezenta, pe scurt, etapele de calcul și apoi se vor particulariza relațiile generale pentru diverse tipuri de scheme folosite.

În acest scop scriem puterea în faza K a unui sistem polifazat sub forma:

$$P_K = E_K\, I_K \cos(\alpha_K - \beta_K) + E_K\, I_K \cos(\alpha_K + \beta_K + 2\omega t). \quad (1)$$

După cum rezultă din figura 1, puterea P_K este formată din suma a două mărimi complexe S_K (puterea aparentă) și π_K (puterea fluctuantă).

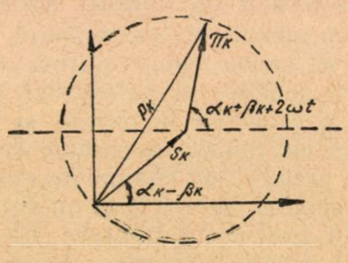


Fig. 1. Reprezentarea mărimilor care compun puterea P_K.

Reprezentînd aceste mărimi în două planuri corespunzătoare, unul de pulsație zero și altul de pulsație 2 ω, relația (1) se poate scrie astfel:

$$S_K = E_K I_K \cos(\alpha_K - \beta_K) + \mathrm{j}E_K I_K \sin(\alpha_K - \beta_K) = P_K + \mathrm{j}Q_K \quad (2)$$

$$\pi_K = E_K I_K \cos(\alpha_K + \beta_K) + \mathrm{j}E_K I_K \sin(\alpha_K + \beta_K).$$

După unele transformări simple [1] se obțin relațiile

$$\pi_K = P_K \cos 2\alpha_K + Q_K \sin 2\alpha_K + \mathrm{j}(P_K \sin 2\alpha_K - Q_K \cos 2\alpha_K)$$

sau (3)

$$\pi_K = P_K \cos 2\beta_K - Q_K \sin 2\beta_K + \mathrm{j}(P_K \sin 2\beta_K + Q_K \cos 2\beta_K)$$

Condiția de simetrizare a rețelelor electrice care alimentează sarcini nesimetrice are forma:

$$\sum (P_K \cos 2\alpha_K + Q_K \sin 2\alpha_K) = 0$$

$$\sum (P_K \sin 2\alpha_K - Q_K \cos 2\alpha_K = 0$$

sau (4)

$$\sum (P_K + \mathrm{j}Q_K)\, e^{-\mathrm{j}2\alpha_K} = 0$$

$$\sum S_K\, e^{-2\mathrm{j}\alpha_K} = 0 \qquad \sum S_K\, e^{-2\mathrm{j}\beta_K} = 0.$$

Condiția de simetrizare a unei rețele trifazate care alimentează o sarcină monofazată în ipoteza $P_b = P_c = 0$ și $\alpha_a = 0$ [1] are forma:

$$P_a + Q_b \sin 2\alpha_b + Q_c \sin 2\alpha_c = 0$$

$$P_a - Q_b \sin 2\beta_b - Q_c \sin 2\beta_c = 0$$

respectiv (5)

$$Q_a + Q_b \cos 2\alpha_b + Q_c \cos 2\alpha_c = 0$$

$$Q_a + Q_b \cos 2\beta_b + Q_c \cos\beta_c = 0.$$

în care P_a; P_b; P_c și Q_a; Q_b; Q_c sînt puterile active și reactive pe cele trei faze. Cînd puterile Q_b și Q_c care servesc pentru simetrizarea sarcinii monofazate sînt pozitive, dispozitivele de simetrizare sînt inductante, iar cînd sînt negative, în circuit se prevăd capacități.

Dacă se urmărește simetrizarea cu un singur dispozitiv, atunci condiția ca puterea fluctuantă să fie zero este de forma:

$$P_a + Q_b \sin 2\alpha_b = 0 \;\text{ și }\; Q_a + Q_b \cos 2\alpha_b = 0, \quad (6)$$

de unde rezultă

$$Q_b = \sqrt{P_a^2 + Q_a^2}. \quad (7)$$

Dacă sarcina de simetrizare este pur activă, puterea necesară simetrizării este ($Q_b = P_a$), iar în cazul sarcinii monofazate pur reactive, $Q_b = Q_a$.

Deci pentru simetrizarea unei sarcini monofazate de forma $\underline{S}_a = \underline{P}_a + \mathrm{j}\underline{Q}_a$ este necesar să dispunem de o putere reactivă cel puțin egală cu $S_a = \sqrt{P_a^2 + Q_a^2}$. Sarcina trebuie racordată [8] la o tensiune decalată cu $\alpha_K = \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$ față de tensiunea sarcinii monofazate. Dacă factorul de putere al sarcinii monofazate are valoarea $\cos\varphi = 0{,}8$, atunci pentru simetrizare este necesară o putere reactivă suplimentară de $20 \div 50\,\%$ din puterea reactivă a sistemului.

Puterea fluctuantă a unei rețele trifazate se poate pune și sub forma

$$\pi = U_a I_a \,|\underline{\alpha_a + \beta_a} + U_b I_b \,|\underline{\alpha_b + \beta_b} + U_c I_c \,|\underline{\alpha_c + \beta_c} \quad (8)$$

Înlocuind curenții și tensiunile cu relația

$$\underline{U}_a = U; \quad \underline{U}_b = aU; \quad \underline{U}_c = a^2 U;$$

$$\underline{I}_a = \underline{Y}_a U; \quad \underline{I}_b = \underline{Y}_b \, aU; \quad \underline{I}_c = \underline{Y}_c \, a^2 U;$$

sau (9)

$$\underline{I}_a = I; \quad \underline{I}_b = aI; \quad \underline{I}_c = a^2 I; \quad \underline{U}_a = \underline{Z}_a I;$$

$$\underline{U}_b = \underline{Z}_b \, a^2 I; \quad \underline{U}_c = \underline{Z}_c \, aI,$$

rezultă condiția de simetrizare pentru tensiuni (10) și condiția de simetrizare pentru curenți (11) sub forma:

$$\underline{Y}_a + a^2 \underline{Y}_b + a \underline{Y}_c = 0 \quad (10)$$

$$\underline{Z}_a + a \underline{Z}_b + a^2 \underline{Z}_c = 0. \quad (11)$$

Simetrizarea sarcinii poate fi realizată fie numai cu capacități, fie numai cu inductanțe sau se pot combina într-o schemă adecvată inductanțe și capacități. În general se pot realiza [7] dispozitive de simetrizare cu o ramură, cu două și cu trei ramuri de simetrizare. Dispozitivul cu două ramuri folosit în cazul sarcinii nesimetrice neinductive duce la obținerea cos $\psi = 1$ pentru sistem. Dacă sarcina monofazată este inductivă, atunci cos $\psi = 1$ numai cînd se folosește dispozitivul cu trei ramuri [7], [1]. Diversele scheme de simetrizare și relațiile de calcul al puterii reactive aferente pot fi urmărite în tabela 1.

1.2. *Calculul compensării prin stabilirea parametrilor din schemă*

Parametrii instalației de simetrizare se pot exprima fie în funcție de impedanța sarcinii nesimetrice, fie în funcție de raportul n dintre puterea sistemului de alimentare și puterea sarcinii monofazate. În cele ce urmează se vor prezenta schemele de simetrizare cu două și trei inductanțe sau admitanțe, precum și relațiile de calcul al reactanțelor ce intervin în schemă. Pentru schemele mai frecvent utilizate în practică se vor indica și relații de calcul pentru curenții din fazele instalației de simetrizare. Se precizează că aceste scheme pentru compensarea nesimetriei se bazează pe generalizarea unui circuit Boucherot și a transformării monofazate — trifazate a lui Kalantarov și Zeitlin [10]. Schemele adecvate simetrizării sarcinilor nesimetrice racordate la sisteme electrice trifazice, cît și valoarea reactanțelor care intervin în schemă pot fi urmărite în tabela 2.

Curbele de variație a factorului de putere al sistemului de alimentare în funcție de factorul de putere al sarcinii monofazate fiind date în literatură [9], nu există nici o dificultate în aplicarea practică a sistemelor de simetrizare din tabela 2 la diverse cazuri întîlnite în exploatarea sistemelor electrice. Schema 6 din tabelă nu permite simetrizarea sarcinii pentru un factor de putere al sistemului de alimentare cos ψ dorit. Acest neajuns poate fi înlăturat prin includerea în schema echivalentă a unei capacități, ca în schema 7. Această schemă nu conține impedanțe mutuale, ceea ce simplifică mult modul de calcul al mărimilor ce intervin la simetrizare. Rectanțele care intervin în schema 7 din tabela 2 se calculează cu relații de forma:

$$X_a = \frac{2X_A - K^2 (X_A - X_B) - K \sqrt{K^2 (X_A - X_B)^2 - 4 X_A X_B}}{2(1 - K^2)}$$

$$X_b = \frac{2X_B + K^2 (X_A - X_B) - K \sqrt{K^2 (X_A - X_B)^2 - 4 X_A X_B}}{2(1 - K^2)} \quad (12)$$

$$X_{ab} = \frac{-K^2 (X_A - X_B) + K \sqrt{K^2 (X_A - X_B)^2 + 4 X_A X_B}}{2(1 - K^2)}.$$

Legătura dintre mărimile care intervin în (12) se dă în tabela 2.

Curenții care traversează elementele de simetrizare, prevăzute în schema 7 din tabela 2, se pot calcula astfel:

$$I_a = \left| \frac{\sqrt{X_B^2 + (X_B + X_C) X_C}}{X_A X_B + X_B X_C + X_C X_A} \right| U_l = I_b$$

$$I_c = \left| \frac{\sqrt{X_A^2 + X_A X_B + X_B}}{X_A X_B + X_B X_C + X_C X_A} \right| U_l, \quad (13)$$

în care U_l reprezintă tensiunea de linie a sistemului energetic de alimentare a sarcinii monofazate. Puterea reactivă necesară pentru simetrizare se calculează cu relația:

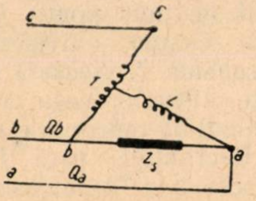
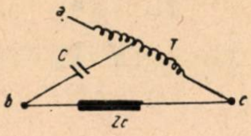
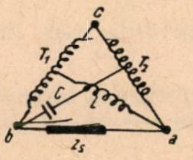
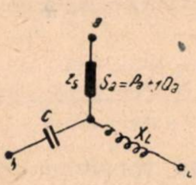
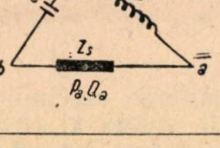
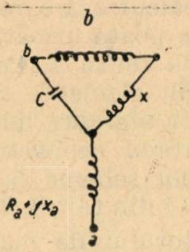
$$Q_c = (\mathrm{tg}\,\psi - \mathrm{tg}\,\varphi) P_n; \quad \text{iar} \quad P_n = U_b^2 \cdot \frac{\cos\varphi}{Z_s}, \quad (14)$$

în care P_n este puterea sarcinii monofazate, cos φ — factorul de putere al sarcinii monofazate, iar tg ψ este legată de factorul de putere al sistemului.

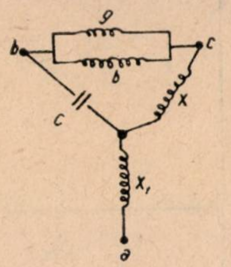
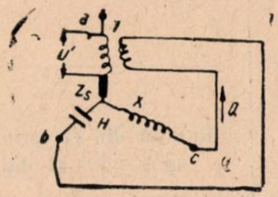
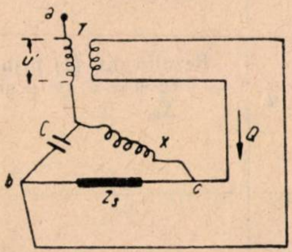
Modul în care se calculează curenții din schema 1 din tabela 2 se poate urmări în exemplul de calcul prezentat în anexa A. Pentru simetrizarea automată, prin elemente statice, a curenților și tensiunilor aferente liniilor electrice care alimentează sarcini nesimetrice, se recomandă utilizarea unor scheme ca cele prezentate în figurile 11—14 din tabela 2.

În cadrul laboratorului de mașini electrice al Institutului politehnic din Gorki s-a realizat [12] o instalație pentru simetrizarea automată a sarcinii.

Tabela 1

Nr. crt.	Schema de simetrizare	Condiția de simetrizare	Observații
1	Cu o inductanță (L)  	$Q_a + Q_b = Q_a + \sqrt{P_a^2 + Q_a^2}$ $\mathrm{tg}\psi = \mathrm{tg}\varphi + \sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\,\varphi}$	Z_s = impedanța sarcinii T = autotransformator ψ = aferent sistemului φ = aferent sarcinii monofazate
2	Cu o capacitate (C)  	$Q_a - Q_b = Q_a - \sqrt{P_a^2 + Q_a^2}$ $\mathrm{tg}\psi = \mathrm{tg}\varphi - \sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\,\varphi}$	
3a	Cu o inductanță (L) și o capacitate (C)  	$\frac{Q_b}{Q_c} = -\frac{\sin^2\alpha_b}{\sin^2\alpha_c};\ \frac{Q_b}{Q_a} = -\frac{\sin^2\alpha_c}{\sin^2\alpha_c - \sin^2\alpha_b}$ $\frac{Q_c}{Q_a} = -\frac{\sin^2\alpha_b}{\sin^2\alpha_c - \sin^2\alpha_b}$ $\mathrm{tg}\,\psi = \frac{q_a}{P_a} = \frac{q_b\cos 2\alpha_b + q_c\cos 2\alpha_c}{q_b\sin 2\alpha_b + q_c\sin 2\alpha_c}$	
3b	 	$Q_b = P_a\left(\mathrm{tg}\varphi - \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ $Q_c = P_a\left(\mathrm{tg}\varphi + \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$	
3c	 	$Q_b = P_a\left(\mathrm{tg}\varphi + \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ $Q_c = P_a\left(\mathrm{tg}\varphi - \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ $\mathrm{tg}\,\psi = 3\,\mathrm{tg}\,\varphi$ $Q_a + Q_b + Q_c = 3Q_a$	
4a	Sarcină inductivă alimentată sub curent constant  $R_a + \mathrm{j}X_a$ = sarcina de simetrizat	$R_a = \sqrt{3}\,X$ $b = \frac{X_a}{X^2}$	

(urmare tabela 1)

Nr. crt.	Schema de simetrizare	Condiția de simetrizare	Observații
4b	Sarcină inductivă alimentată sub tensiune constantă  $(g - jb)$ sarcina de simetrizat	$g = \frac{\sqrt{3}}{X}$ $X_1 = bX^2$	
5a	Sarcină alimentată sub curent constant 	$Q_{bc} = Q_a$; $UI' = Q - U'I$; $UI' = U'I$ $Q = 2U'I$ $\operatorname{tg} \psi = \frac{2U'}{\sqrt{3}U}$	U' = tensiunea injectată în circuit cu ajutorul transformatorului și brațul sarcinii Z_s UI' = puterea preluată din brațele *bc* și dirijată spre brațul *a*.
5b	Sarcină alimentată sub tensiune constantă 	$Q_a = U'I$ $Q_{bc} = Q - UI'$ $Q = 2U'I$	Q = puterea reactivă absorbită de sarcină. În schemă se indică sensul puterii Q

Schema instalației de simetrizare automată a fost transpusă pe un model de laborator pe care s-au efectuat unele verificări experimentale privind variația nesimetriei în funcție de defazajul cos φ dintre curentul sarcinii monofazate și curenții din linia de alimentare.

Rezultatul obținut cu modelul realizat în U.R.S.S. privind simetrizarea automată a sarcinii arată că pentru valori uzuale ale factorului de putere al sarcinii, cos φ, și pentru o serie de sarcini cuprinse între 200 și 700 W gradul de nesimetrie variază între 0 și 4,5%. Gradul de nesimetrie este egal cu zero pentru $\cos \varphi = 0{,}8 = \cos \psi$ și $P_s = 500$ W la o putere reactivă constantă. Asemenea instalații pentru simetrizarea automată a sarcinii pot servi simultan și pentru simetrizarea tensiunilor și curenților în rețelele electrice trifazate care alimentează sarcini monofazate, conectate între două faze, sau sarcini trifazate nesimetrice conectate în stea sau în triunghi.

După cum se arată în literatură [14], există posibilitatea conectării unei sarcini monofazate între două faze ale unei linii trifazate dacă se respectă criteriile practice date de relațiile :

$$\frac{K_s}{K_i} = \frac{1}{\sqrt{3}}; \quad \frac{\alpha_i}{K_s} = 1; \quad \alpha_i = K_s, \qquad (15)$$

în care mărimile K_S, K_i și α_i se definesc astfel :

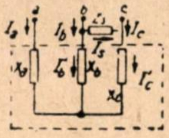
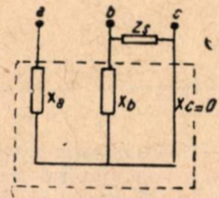
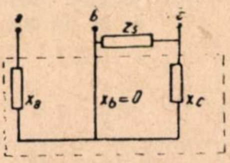
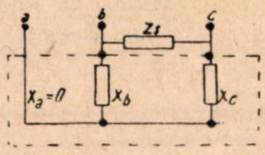
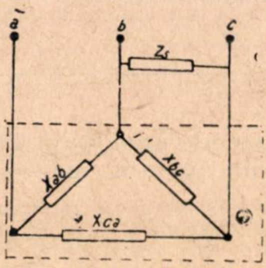
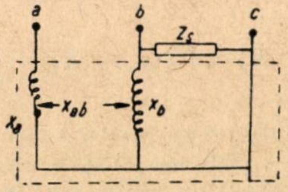
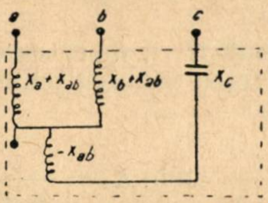
$$\alpha_i = \frac{I_i}{I_s}; \quad K_i = \sqrt{3} \cdot \alpha_i; \quad K_s = \frac{S_s}{S_n}, \qquad (16)$$

în care S_s este puterea aparentă a sarcinii monofazate, iar S_n — puterea stației electrice trifazate la care este racordată sarcina. I_i este curentul invers, iar I_s curentul absorbit de sarcina monofazată.

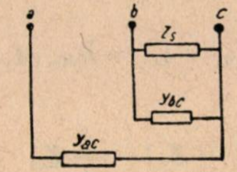
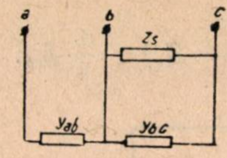
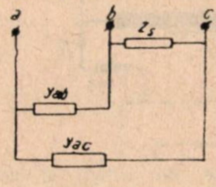
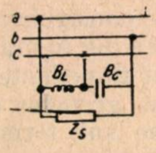
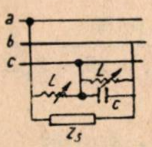
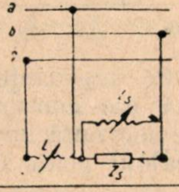
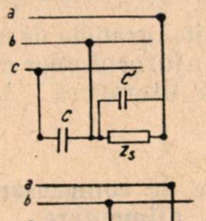
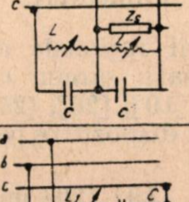
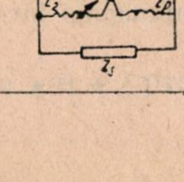
În cazul alimentării a două sarcini monofazate de către o rețea trifazată, criteriile practice capătă forma :

$$\alpha_i' = \frac{S_s}{2(S_s + S_n)} = \frac{K_s'}{2}, \text{ unde } K_s' = \frac{S_s}{S_s + S_n} \cdot \qquad (17)$$

Tabela 2

Nr. crt.	Schema	Valoarea mărimilor din schemă	Observaţii
1	 I_a a I_b b c I_c Z_s X_a X_b X_c	$X_a = \frac{\text{tg } \psi - 3 \text{ tg } \varphi}{\text{tg } \psi (\text{tg } \psi - 2 \text{ tg } \varphi) - 1} \cdot \frac{Z_s}{\cos \varphi}$ $X_b = \frac{\text{tg} \psi - \sqrt{3}}{\text{tg } \psi (\text{tg } \psi - 2 \text{ tg } \varphi) - 1} \cdot \frac{Z_s}{\cos \varphi}$ $X_c = \frac{\text{tg} \psi + \sqrt{3}}{\text{tg } \psi (\text{tg } \psi - 2 \text{ tg } \varphi) - 1} \cdot \frac{Z_s}{\cos \varphi}$	
2		$X_a = -\frac{\sqrt{3}}{2 \cos \varphi} \cdot Z_s$ $X_b = -\frac{Z_s}{\sin \varphi + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \cos \varphi}$	Rezultă din (1) prin înlocuirea tg $\psi = -\sqrt{3}$ şi obţinem $X_c=0$
3		$X_a = \frac{3Z_s}{2 \cos \varphi}$ $X_c = -\frac{Z_s}{\sin \varphi - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \cos \varphi}$	Rezultă din (1) prin înlocuirea tg $\psi = \sqrt{3}$ şi obţinem $X_b = 0$
4		$X_b = \frac{Z_s}{\sin \varphi + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \cos \varphi}$ $X_c = \frac{Z_s}{\sin \varphi - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \cos \varphi}$	Rezultă din (1) prin înlocuirea tg $\psi = 3$ tg φ şi obţinem $X_a = 0$
5		$X_{ab} = \frac{3Z_s}{\cos \varphi (\text{tg } \psi + \sqrt{3})}$ $X_{bc} = \frac{3Z_s}{\cos \varphi (\text{tg } \psi - 3 \text{ tg } \varphi)}$ $X_{ca} = \frac{3Z_s}{\cos \varphi (\text{tg } \psi - \sqrt{3})}$	
6		$X_a = \frac{2 \text{ tg } \psi - 3 \text{ tg } \varphi + \sqrt{3}}{\text{tg } \psi (\text{tg } \psi - 2 \text{ tg } \varphi) - 1} \cdot \frac{Z_s}{\cos \varphi}$ $X_b = \frac{2 \text{ tg } \psi}{\text{tg } \psi (\text{tg } \psi - 2 \text{ tg } \varphi) - 1} \cdot \frac{Z_s}{\cos \varphi}$ $X_{ab} = K \sqrt{X_a X_b}$ $K = \frac{\text{tg } \psi + \sqrt{3}}{\sqrt{2 (\text{tg } \psi - 3 \text{ tg } \varphi + \sqrt{3}) \text{ tg } \psi}}$	
7	 a b c X_a+X_{ab} X_b+X_{ab} X_c $-X_{ab}$	$X_A = X_a + X_{ab}$ $X_B = X_b + X_{ab}$ $X_C = X_c - X_{ab}$	

(urmare tabela 2)

Nr. crt.	Schema	Valorile mărimilor din schemă	Observații
8		$g_{ac} = \frac{n}{2}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}}\text{tg}\psi\right)G \quad b_{ac} = \frac{n}{2}\left(\text{tg}\psi - \frac{1}{\sqrt{3}}\right)G \quad G = \frac{\cos\varphi}{Z_s}$ $g_{bc} = \frac{1}{2}\left(n - \frac{n}{\sqrt{3}}\text{tg}\,\psi - 2\right)G \quad g_{bc} = \frac{1}{2}\left(\frac{n}{\sqrt{3}} + n\,\text{tg}\,\psi - 2\,\text{tg}\,\varphi\right)G$ $n = \frac{P_{3s}}{P_{1m}} = \frac{\text{Puterea trifazată a sistemului}}{\text{Puterea sarcinii monofazate}}$	
9		$g_{ab} = \frac{n}{2}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}}\text{tg}\psi\right)G \quad b_{ab} = \frac{n}{2}\left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \text{tg}\,\psi\right)G$ $g_{bc} = \frac{1}{2}\left(n + \frac{n}{\sqrt{3}}\text{tg}\psi - 2\right)G \quad b_{bc} = -\frac{1}{2}\left(\frac{n}{\sqrt{3}} - n\,\text{tg}\psi + 2\,\text{tg}\,\varphi\right)G$	
10		$g_{ab} = \frac{1}{2}\left(n + \frac{2\,\text{tg}\,\psi}{\sqrt{3}} - \sqrt{3}\,\text{tg}\,\varphi - 1\right)G$ $b_{ab} = -\frac{1}{2}\left(\frac{n}{\sqrt{3}} - n\,\text{tg}\psi + \text{tg}\varphi - \sqrt{3}\right)G$ $g_{ac} = \frac{1}{2}\left(n - \frac{n}{\sqrt{3}}\text{tg}\,\psi + \sqrt{3}\,\text{tg}\,\varphi - 1\right)G$ $b_{ac} = \frac{1}{2}\left(\frac{n}{\sqrt{3}} + n\,\text{tg}\,\psi - \text{tg}\,\varphi - \sqrt{3}\right)G$	
11	 	$B_C = \frac{2g}{\sqrt{3}\cos\varphi}\cdot\sin\left(\frac{\pi}{6} - \varphi\right)$ $B_L = \frac{2g}{\sqrt{3}\cos\varphi}\cdot\sin\left(\frac{\pi}{6} + \varphi\right)$ $L = \frac{\sqrt{3}\cdot U^2\cos\varphi}{2P\cdot\omega\cdot\sin\left(\frac{\pi}{6} + \varphi\right)}; \quad (H)$ $C = \frac{2P}{\sqrt{3}\cdot\omega\cdot U^2\cdot\cos\varphi}\cdot\sin\left(\frac{\pi}{6} - \varphi\right); \quad (F)$	
12		$Q_L = \frac{2P}{\sqrt{3}\cos\varphi}\sin\left(\frac{\pi}{6} + \varphi\right)$ $Q_{Lp} = \frac{2\,(P_{max} - P_{min})}{\sqrt{3}\cos\varphi}\sin\left(\frac{\pi}{6} - \varphi\right)$	
13	 	$c = 0{,}16\,\frac{I_s}{U_l\cdot f}$ $c' = 0{,}16\,\frac{I_s}{U_l\cdot f}\ (0{,}5 + 0{,}867\,\text{tg}\,\varphi)$ $I_s = \frac{I_l}{1{,}15\cos\varphi}$	f = frecvența curentului, în Hz
14		$Q_{L1} = U_l\,(0{,}5 + 0{,}867\,\text{tg}\,\varphi)\,(I_{l\,max} - I_{l\,min})$ $Q_{L2} = U_l\,(I_{l\,max} - I_{i\,min})$	$I_{l\,max}$ și $I_{l\,min}$ = curentul maxim și minim din linia de alimentare

Respectarea condițiilor (15) conduce la obținerea unor grade de nesimetrie în liniile de alimentare a sarcinilor monofazate, în limita valorilor normate și admisibile din punctul de vedere al exploatării raționale a sistemelor electrice.

2. Considerații privind determinarea gradelor de asimetrie și disimetrie

În mod curent, pentru determinarea gradelor de asimetrie și disimetrie, pe care le numim grade de nesimetrie, se folosesc fie metode analitice [1], [2], fie curbe precalculate [15], [16]. Astfel, se definesc în literatură [7] gradele de asimetrie și disimetrie după cum urmează :

a) grad de asimetrie în tensiune și curent :

$$\delta u_a\,\% = \frac{|U_h|}{|U_d|}\cdot 100\,; \quad \delta i_a\,\% = \frac{|I_h|}{|I_d|}\cdot 100 \qquad (18)$$

b) grad de disimetrie în tensiune și curent :

$$\delta u_d\,\% = \frac{|U_i|}{|U_d|}\cdot 100\,; \quad \delta i_d\,\% = \frac{|I_i|}{|I_d|}\cdot 100 \qquad (19)$$

Gradele de asimetrie și disimetrie pot fi determinate : pentru regimul normal de funcționare în plină sarcină, la o sarcină oarecare și în gol și pentru regimul de avarie a rețelei de alimentare.

În tabela 3 se dau relațiile de calcul privind determinarea gradelor de nesimetrie pentru diverse situații intervenite frecvent în practică.

Pentru cazul rețelelor electrice nesimetrice prin construcție tip DCP, se arată modul de deducere a relațiilor de calcul al gradelor de nesimetrie în curent și tensiune. În acest scop se consideră că linia electrică are pe cele două faze aeriene impedanțele $\underline{Z}_a$, $\underline{Z}_b$, iar pe faza pămînt impedanța $\underline{Z}_c$. Luînd în considerare numai partea nesimetrică a liniei, care prezintă pe fazele aeriene impedanțele $\underline{Z}_{sup} = (\underline{Z}_a - \underline{Z}_c)$, în ipoteza $\underline{Z}_a > \underline{Z}_b$ (fig. 2) și între faze $\underline{Z}'_{ab} = (\underline{Z}_{ab} - Z_{ac})$, așa cum se arată în literatură [5], se pot scrie relații de forma :

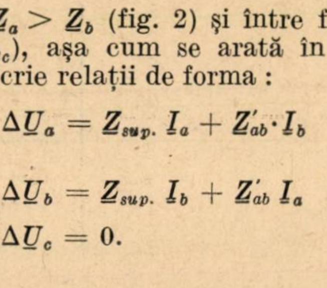


Fig. 2. Schema principială de funcționare a unei linii DCP.

$$\begin{aligned} \Delta\underline{U}_a &= \underline{Z}_{sup.}\,\underline{I}_a + \underline{Z}'_{ab}\cdot\underline{I}_b \\ \Delta\underline{U}_b &= \underline{Z}_{sup.}\,\underline{I}_b + \underline{Z}'_{ab}\,\underline{I}_a \qquad (20) \\ \Delta\underline{U}_c &= 0. \end{aligned}$$

Scriind relațiile (20) cu ajutorul componentelor simetrice și făcînd unele calcule, rezultă :

$$\begin{aligned} \Delta\underline{U}_d &= \underline{Z}_{sup.\,2}\,(\underline{I}_d - \underline{I}_i) + \underline{Z}_{sup.\,1}\,\underline{I}_d \\ & \qquad (21) \\ \Delta\underline{U}_i &= \underline{Z}_{sup.\,2}\,(\underline{I}_d - \underline{I}_i) + \underline{Z}_{sup.\,1}\,\underline{I}_i\,, \end{aligned}$$

în care

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{sup.\,2} &= \frac{1}{3}\,[\underline{Z}_a - \underline{Z}_c] - \frac{2}{3}\,\underline{Z}'_{ab} \\ & \qquad (22) \\ \underline{Z}_{sup.\,1} &= \frac{1}{3}[\underline{Z}_a - \underline{Z}_c] + \frac{1}{3}\,\underline{Z}'_{ab}\,. \end{aligned}$$

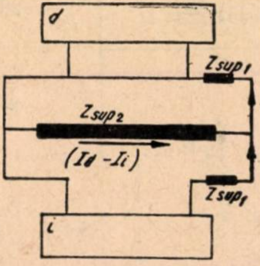


Fig. 3. Scheme echivalente de calcul al nesimetriilor rețelelor DCP.

Relațiile (21) conduc la construirea [5] unei scheme noi de calcul, ca cea din figura 3. Scriind relațiile dintre curenții și impedanțele din figura 3, rezultă expresiile gradelor de disimetrie în curent și tensiune sub forma :

$$\begin{aligned} \delta_i\,\% &= \frac{|\underline{Z}_{sup.\,1}|\cdot 100}{|\underline{Z}_{sup.\,1} + \underline{Z}_{sup.\,2} + (\underline{Z}_{is} + \underline{Z}_{ir})|} \\ & \qquad (23) \\ \delta_u\,\% &= \frac{|\underline{Z}_{sup.\,2}\cdot\underline{Z}_{is}|\cdot 100}{|[\underline{Z}_{sup.\,1} + \underline{Z}_{sup.\,2} + (\underline{Z}_{is} + \underline{Z}_{ir})]\,\underline{Z}_{ds}|}, \end{aligned}$$

în care $\underline{Z}_{is}$ și $\underline{Z}_{ds}$ reprezintă impedanțele de secvență inversă și directă ale consumatorului, iar $\underline{Z}_{ir}$ este impedanța de secvență inversă a rețelei. Un exemplu de calcul poate fi urmărit în anexa B.

După cum s-a amintit, gradele de nesimetrie se pot determina și cu ajutorul unor curbe precalculate care se dau în literatură [16], [15], [1].

3. Metode și dispozitive de compensare a nesimetriilor sistemului de alimentare

În scopul exploatării raționale a rețelelor electrice care alimentează sarcini nesimetrice se recomandă [1], [5], [19], [20], [25] folosirea unor metode practice și dispozitive pentru compensarea nesimetriilor.

Astfel s-au construit [19] [20] unele dispozitive de sesizare a componentei inverse și de

Tabela 3

Nr. crt.	Tipul rețelei sau al schemei de alimentare	Expresiile de calcul al gradului de nesimetrie
1	Rețea trifazată cu trei conductoare aeriene, prevăzută cu o nesimetrie simplă longitudinală oarecare.	$\delta i_a = \frac{\lvert \underline{I}_h \rvert}{\lvert \underline{I}_a \rvert} = \frac{\lvert \underline{\mathfrak{Z}}_d^0 (\underline{\mathfrak{Z}}_i^{(2)} + \underline{Z}_i) + \underline{\mathfrak{Z}}_d^{(2)}\, \underline{\mathfrak{Z}}_i^0 \rvert}{\lvert (\underline{\mathfrak{Z}}_h^0 + \underline{Z}_h)(\underline{\mathfrak{Z}}_i^{(2)} + \underline{Z}_i) - \underline{\mathfrak{Z}}_h^{(2)}\, \underline{\mathfrak{Z}}_i^0 \rvert}$ $\delta i_d = \frac{\lvert \underline{I}_i \rvert}{\lvert \underline{I}_d \rvert} = \frac{\lvert \underline{\mathfrak{Z}}_d^0 (\underline{\mathfrak{Z}}_i^{(2)} + \underline{Z}_i) - \underline{\mathfrak{Z}}_d^{(2)}\, \underline{\mathfrak{Z}}_i^0 \rvert}{\lvert (\underline{\mathfrak{Z}}_h^0 + \underline{Z}_h)(\underline{\mathfrak{Z}}_i^{(2)} + \underline{Z}_i) - \underline{\mathfrak{Z}}_h^{(2)}\, \underline{\mathfrak{Z}}_i^0 \rvert}$
2	Rețea electrică DCP nesimetrică prin construcție, prevăzută cu două conductoare aeriene	$\delta_i \,\% = \frac{\lvert \underline{Z}_{sup.2} \rvert \cdot 100}{\lvert \underline{Z}_{sup.1} + \underline{Z}_{sup.2} + (\underline{Z}_{is} + \underline{Z}_{ir}) \rvert}$ $\delta_u \,\% = \frac{\lvert \underline{Z}_{sup.2} \underline{Z}_{is} \rvert \cdot 100}{\lvert [\underline{Z}_{sup.1} + \underline{Z}_{sup.2} + (\underline{Z}_{is} + \underline{Z}_{ir})] \underline{Z}_{ds} \rvert}$
3	Rețea DCP–15 kV avînd între fazele aeriene o distanță $b = 115$ cm, cu o lungime l, fiind alimentată sub o tensiune U, și care are la capăt o putere aparentă $S_2 =$ etc., $R_p = 5\ \Omega$, $\rho = 10^4\ \Omega$cm.	a) Conductoare OL–Al – 25 mm² $\delta_u = \frac{S'_i}{3\,U^2} \cdot \sqrt{1{,}32\, l^2 - 11{,}4\, l + 25}$ b) Conductoare OL–Al – 35 mm² $\delta_u = \frac{S_2}{3\,U^2} \cdot \sqrt{0{,}81\, l^2 - 8{,}82\, l + 25}$ c) Conductoare OL–Al – 50 mm² $\delta_u = \frac{S_2}{3\,U^2} \cdot \sqrt{0{,}22\, l^2 - 4{,}66\, l + 25}$
4	Racordarea unei sarcini monofazate ($\underline{Z}_s$) la un sistem trifazat (electrificarea căilor ferate). P_c = puterea consumatorilor trifazați; P_s = puterea monofazată de tracțiune; $\underline{Z}_{sd}$ = impedanța echivalentă a sistemului; $\underline{Z}_{si}$ = suma impedanțelor de secvență inversă ale generatorului, transformatorului și liniei; P_{sc} = puterea de scurtcircuit a sistemului.	$\delta_i = \frac{1}{1 + \frac{\underline{Z}_s}{\underline{Z}_{cd}}} = \frac{1}{1 + \frac{P_c}{P_s}}$ $P_c = \frac{U_d^2}{\underline{Z}_{cd}}; \quad P_s = \frac{U_d^2}{Z_s}$ $\delta_u = \frac{P_s}{P_{sc}} = \frac{P_s \cdot \underline{Z}_{sd}}{U^2}$ $\delta_u = \frac{1}{1 + \frac{\underline{Z}_s}{\underline{Z}_{ci}} + \frac{\underline{Z}_s}{\underline{Z}_{si}}}$
5	Schema Scott cu două transformatoare monofazate care alimentează secțiunile de cale ferată cu curenții $\underline{I}'_a$ și $\underline{I}'_b$.	$\delta_i = \frac{\lvert \underline{I}'_b - \underline{I}'_a \rvert}{\lvert \underline{I}'_b - \underline{I}'_a \rvert} = \frac{\lvert n - 1 \rvert}{\lvert n + 1 \rvert}$ $n = \frac{\underline{I}'_b}{\underline{I}'_a}$
6	Substație de tracțiune cu transformator trifazat cu trei înfășurări, avînd tensiunea de scurtcircuit în procente U_{sc} și un curent nominal I_n.	$\delta_i = \frac{\sqrt{n^2 - n + 1}}{n + 1}$ $\delta_u = \frac{\underline{I}'_b}{\underline{I}_n} \cdot \frac{U_{sc}}{300} \sqrt{n^2 - n + 1}$
7	Substație de tracțiune cu transformatoare monofazate legate în V/V.	$\delta_i = \frac{\sqrt{n^2 - n + 1}}{n + 1}$ $\delta_u = \frac{\underline{I}'_b}{\underline{I}_n} \cdot \frac{U_{sc}}{100\sqrt{3}} \cdot (n - 1)$

deconectare a aparatelor şi maşinilor cînd nesimetriile întrec limitele normate [1], [2], [3]. Unul dintre asemenea dispozitive [1] funcţionează la o valoare a curentului invers egală cu 5% din valoarea curentului nominal. Filtrul aparatului poate fi conectat la frecvenţa 50—60 Hz prin intermediul unui transformator avînd I_n=0,4 A şi un consum de energie de 2—8 VA. Un alt tip de dispozitiv realizat în U.R.S.S. se foloseşte la protecţia motoarelor electrice. Conectarea filtrului se face fie direct în circuitul de alimentare în joasă tensiune, fie în circuitul secundar al unui transformator de 5 A. Aplicarea dispozitivului la protecţia motoarelor de 10÷30 kW a dat rezultate satisfăcătoare, ceea ce a făcut ca producţia unor astfel de dispozitive să crească în mod corespunzător.

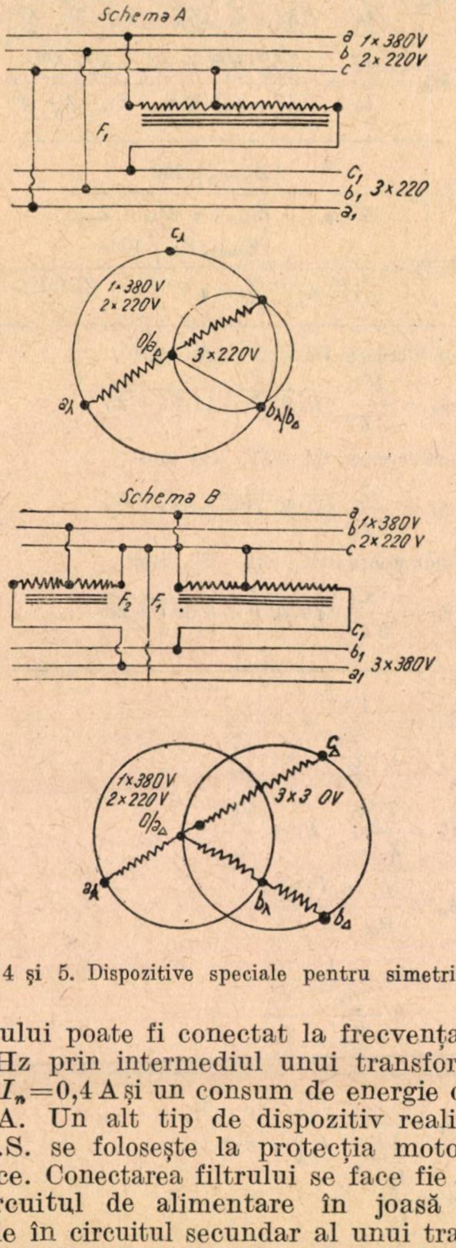


Fig. 4 şi 5. Dispozitive speciale pentru simetrizare.

Pe baza măsurării curenţilor în reţelele trifazate cu ajutorul a două contoare monofazate, alimentate de curentul de dezechilibru prin intermediul unui cleşte ampermetric, s-a construit [21] un dispozitiv care serveşte la detectarea încărcării nesimetrice a liniilor electrice, înlesnind repartizarea uniformă a sarcinii pe cele trei faze ale reţelei de alimentare.

Există şi posibilitatea [28] folosirii unui transformator care, alimentat cu o tensiune monofazată, să asigure consumatorului o tensiune trifazată şi invers.

De asemenea se recomandă [24] folosirea unor transformatoare speciale, montate ca în figurile 4 şi 5, care asigură funcţionarea în două faze, un timp îndelungat, a reţelelor electrice cu o fază avariată.

Aceste dispozitive permit ca prin folosirea celor două faze sănătoase şi a neutrului reţelei trifazate să se simetrizeze atît tensiunile cît şi curenţii de la capătul liniei electrice cu o fază avariată.

S-a văzut că într-un sistem simetric avînd elemente generatoare şi de transfer simetrice, cauzele principale care introduc nesimetrii în sistem sînt consumatorii nesimetrici. Trebuie însă remarcat că, în general, elementele de transfer prezintă nesimetrii, întrucît conductoarele liniilor de distribuţie şi transport nu au poziţii identice în spaţiu, nici unele în raport cu celelalte, nici în raport cu pămîntul. Din această cauză, transpunerile constituie o metodă de compensare a nesimetriilor de pe liniile electrice aeriene. De obicei, transpunerile de pe liniile de energie se coordonează cu cele de pe liniile de telecomunicaţii. În literatură [25], [26], [27] se arată că lungimea ciclului de transpunere pe linii cu conductoare aşezate în plan orizontal trebuie să fie de 24 km, iar în cazul dispunerii în triunghi a conductoarelor se adoptă o lungime a ciclului de 48 km. Apare, însă, dezavantajul că suporţii de transpunere a fazelor constituie puncte slabe în sistem, micşorînd siguranţa funcţionării liniilor şi îngreunînd atît efectuarea încercărilor preventive cît şi reparaţiile. Din aceste motive şi din considerente economice este indicată mărirea ciclului de transpunere în special la liniile de 110 kV, 220 kV şi 380—500 kV. Soluţia tehnico-economică adecvată se poate obţine prin mărirea ciclului de transpunere pînă la limita admisibilă a gradelor de asimetrie şi disimetrie.

Întrucît în literatură [25], [26], [27] se poartă o serie de discuţii privind utilitatea lungirii ciclului de transpunere, vom face o serie de precizări privind avantajele folosirii transpunerilor de diverse lungimi pentru linii de înaltă şi foarte înaltă tensiune, pentru a scoate în evidenţă influenţa transpunerilor asupra reducerii nesimetriei reţelelor de alimentare a sarcinilor nesimetrice.

Astfel, există propunerea [25], [27] ca lungimea ciclului de transpunere la linii de 110—380 kV să atingă 200—300 km. De asemenea, se discută eliminarea totală a transpunerilor pe liniile electrice aeriene. În acest sens trebuie să precizăm că există situaţii la linii lungi cu parametrii uniform distribuiţi, avînd curenţi capacitivi pronunţaţi, ca disimetria şi asimetria să fie pronunţate, ceea ce în unele condiţii ar periclita funcţionarea normală a consumatorilor de energie electrică.

Prevederea unui ciclu sau a două cicluri de transpunere pe linii de 110 kV avînd o lungime de 100 km şi pe linii de 220 kV avînd o lungime de 200 km duce la obţinerea valorilor gradelor de nesimetrie specificate în tabela 4.

Tabela 4

Nesimetrii	Fără transpunere		Cu un ciclu de transpunere		Cu două cicluri de transpunere	
	220 kV	110 kV	220 kV	110 kV	220 kV	110 kV
Curenţii de secvenţă inversă, %	2,5	1,6	0,39	0,08	0,03	0,002
Curenţii de secvenţă homopolară, %	0,95	0,6	0,07	0,03	0,003	0,001

Pentru ca să existe aceleaşi grade de asimetrie şi disimetrie atît pe întreaga porţiune de linie transpusă cît şi la cele două capete (plecare, sosire), este necesar ca sumele numerelor cu aşezare identică a conductoarelor (fig. 6 a şi b) să fie egale între ele. Adică să se respecte condiţiile :

$$\left.\begin{aligned} 1+6&=2+5=3+4 \\ 1+5+9&=2+6+7=3+4+8 \end{aligned}\right\} \quad (24)$$

Condiţiile (21) ar duce la o compensare cît mai deplină a gradelor de nesimetrie la cele două capete ale liniei de transport dacă intensităţile curenţilor s-ar distribui în lungul liniei după o lege liniară. Într-o distribuţie reală a curenţilor din linia de transport, relaţiile (24) devin condiţii auxiliare care reduc în mare măsură, dar nu în întregime, gradele de asimetrie şi disimetrie pe linie. Efectul lor favorabil recomandă practicarea acestui procedeu.

În cazul reţelelor electrice de transport care folosesc pămîntul drept conductor după schema DCP (două conductoare — pămînt), se practică, cu rezulate satisfăcătoare, transpunerea celor două conductoare aeriene [1], [29].

La linii scurte, realizate la tensiuni medii, se poate renunţa la transpuneri dacă nesimetria nu depăşeşte limita pentru care un sistem de tensiuni şi curenţi se consideră practic simetric. În reţelele electrice de 35 kV prevăzute cu bobine de stingere se urmăreşte, prin transpunerea fazelor, egalitatea aproximativă a celor trei faze faţă de pămînt şi asigurarea funcţionării bobinei de stingere. Se poate renunţa la transpunerea fazelor pe liniile de 35 kV dacă acestea nu alimentează sarcini nesimetrice şi nu prezintă porţiuni de apropiere cu circuitele de telecomunicaţii. Dacă o asemenea porţiune de învecinare a liniei de energie cu cea de telecomunicaţie există, atunci reducerea tensiunii induse faţă de pămînt în linia de curenţi slabi poate fi redusă la zero dacă porţiunile de transpunere pe linie au aceeaşi lungime [1], [25], [26].

Din practica exploatării reţelelor electrice de 110—220 kV rezultă că realizarea unui ciclu de transpunere la linii de 110 kV şi a două cicluri de transpunere la linii de 220 kV este suficientă pentru reducerea pînă la valori acceptabile a gradelor de asimetrie şi disimetrie.

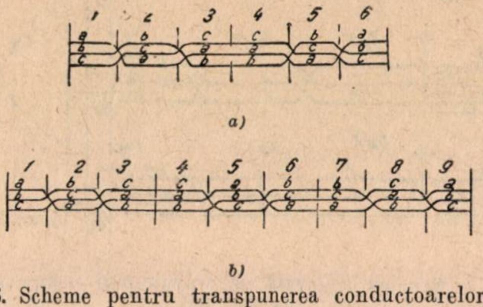


Fig. 6. Scheme pentru transpunerea conductoarelor unei linii electrice.

În privinţa liniilor de 380 kV, în lungime de 500 km, transpunerile influenţează favorabil, reducînd esenţial gradele de disimetrie şi asimetrie la valorile specificate în tabela 5.

Tabela 5

Numărul de transpuneri	Gradul de nesimetrie a tensiunilor		Gradul de nesimetrie a curenţilor	
	disimetrie, %	asimetrie, %	disimetrie, %	asimetrie, %
Nici o transpunere	1,35	0,64	4,5	1,21
O transpunere la 350 km de la punctul de alimentare	0,66	0,55	2,2	1,03
Două transpuneri, una la 250 km şi alta la 350 km de punctul de alimentare	0,6	0,16	1,99	0,31
Transpuneri pe toată linia din 50 în 50 km	0,16	0,025	0,53	0,046

Într-o altă lucrare a autorului [1] sînt date o serie de curbe care indică variaţia gradului de asimetrie şi disimetrie în curent şi tensiune în funcţie de numărul de permutări ale fazelor pe liniile electrice de 380 kV.

Aceste curbe pot fi folosite pentru linii de diverse tensiuni dacă se multiplică puterea transmisă cu raportul $\left(\frac{U}{380}\right)^2$ [25]. Aplicarea transpunerilor pe o reţea de 380 kV, compusă din trei linii a cîte 500 km fiecare — aşa cum se arată în figura 7 —, a dus la obținerea pe barele stației de 225 kV a unui curent de secvență inversă egal cu zero. Aceste rezultate arată că transpunerile constituie o metodă adecvată pentru reducerea gradelor de asimetrie și disimetrie ale liniilor lungi din cuprinsul unui sistem electric.

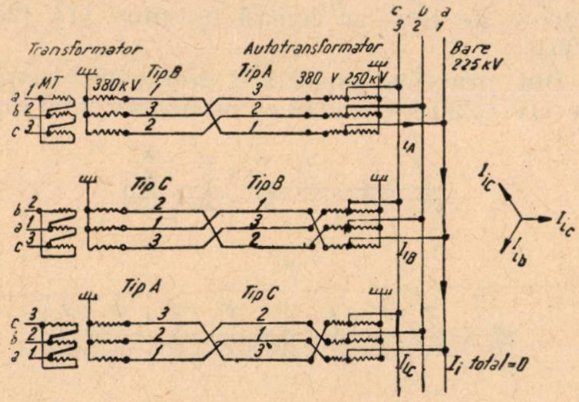


Fig. 7. Schema adecvată de transpuneri pentru o rețea de 380 kV.

Concluzii

Simetrizarea sistemelor electrice asigură reducerea pierderilor în linii și înlesnește funcționarea normală a consumatorilor de energie electrică.

Condiția teoretică de simetrizare a sarcinii electrice rezultă din anularea puterii fluctuante a sistemului. Practic se determină fie puterea reactivă necesară simetrizării, fie valoarea reactanțelor și admitanțelor care intervin în schemă.

Efectul favorabil al dispozitivelor și metodelor de simetrizare cere cu necesitate introducerea lor în cadrul sistemelor electrice regionale din țara noastră.

Anexa A

Întrucît modul de calcul al curenților și tensiunilor dintr-o rețea nesimetrică este laborios prin aplicarea condițiilor (10) și (11), se arată cum se aplică teoria simetrizării prin elemente statice la o rețea electrică de joasă tensiune [9].

Exemplu de calcul. Tensiunea de linie a sistemului trifazat $U = 115$ V. Sarcina monofazată $S = 1$ kVA la $\cos \varphi = 0{,}866$. Se cere realizarea unei simetrii a sarcinii, astfel ca factorul de putere al sistemului trifazat $\cos \psi$ să fie egal cu factorul de putere al sarcinii monofazate.

Mărimea și caracterul reactanțelor din schema 1 din tabela 2 se determină astfel:

$$X_a = \frac{\dfrac{1}{\sqrt{3}} - \dfrac{3}{\sqrt{3}}}{\dfrac{1}{\sqrt{3}}\left(\dfrac{1}{\sqrt{3}} - \dfrac{2}{\sqrt{3}}\right) - 1} \cdot \left(\frac{U_b^2}{\dfrac{\sqrt{3}}{2} S}\right) = 13{,}2 \ \Omega;$$

$$X_b = 13{,}2 \ \Omega; \ X_c = -26{,}4 \ \Omega \qquad (1A)$$

Reactanțele din faza a și b au caracter inductiv, iar reactanța din faza c are caracter capacitiv.

Tensiunile la bornele reactanțelor de simetrizare au forma:

$$U_{a0} = U_{b0} = U_l \cdot U_{*0}; \ U_{c0} = U_l \cdot U_{*c} \qquad (2A)$$

în care:

$$U_{*a} = \frac{2 \operatorname{tg} \varphi_1}{\cos \psi \left[(\operatorname{tg} \psi + \sqrt{3} \operatorname{tg} \psi - 1) \operatorname{tg} \varphi_1 + \sqrt{3}\right]};$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\operatorname{tg} \psi - 3 \operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{3}(\operatorname{tg} \psi - \operatorname{tg} \varphi) - 1} \qquad (3A)$$

$$U_{*c} = \sqrt{1 + U_{*a}^2 - U_{*a}(\sqrt{3} \sin \psi - \cos \psi)}$$

În general, pentru determinarea tensiunilor aplicate rețelei de simetrizare, se utilizează relații de forma [15]:

$$U_{a0} = U_l \cdot U_{*a} (\sin \psi + j \cos \psi)$$

$$U_{b0} = U_l \left[-\frac{\sqrt{3}}{2} + U_{*a} \sin \psi + j \left(-\frac{1}{2} + U_{*a} \cos \psi \right) \right]$$

$$(4A)$$

$$U_{c0} = U_l \left[-\frac{\sqrt{3}}{2} + U_{*a} \sin \psi + j \left(\frac{1}{2} + U_{*a} \cos \psi \right) \right]$$

Făcînd calculele necesare, rezultă:

$$U_{*a} = U_{*b} = \frac{1}{\sqrt{3}}; \quad U_{*c} = 1{,}15. \qquad (5A)$$

Deci

$$U_{a0} = U_{b0} = \frac{115}{\sqrt{3}} = 66{,}2 \text{ V}; \quad U_{c0} = 115 \times 1{,}15 = 132 \text{V}.$$

Curenții care circulă în cele trei faze ale instalației de simetrizare au valorile:

$$I_a = I_b = \frac{U_{a0}}{X_a} = \frac{U_{b0}}{X_b} = \frac{66{,}2}{1{,}32} = 5\text{A}; \quad I_c = \frac{U_{c0}}{X_c} = \frac{132}{26{,}5} = 5\text{A}. \qquad (6A)$$

Deci se respectă condiția $I_a = I_b = I_c$, ceea ce arată că sarcina se poate simetriza fără dificultăți, aplicînd schemele indicate în tabela 2, pe o cale mult mai simplă decît cea clasică prezentată în literatura de specialitate.

Anexa B

Exemplul de calcul este anume ales ca să corespundă condițiilor de exploatare a rețelelor electrice DCP din țara noastră.

Se consideră o linie electrică nesimetrică prin construcție tip DCP de 15 kV, avînd o lungime de 10 km. Secțiunea conductoarelor este de 35 mm² OL—AL. Rețeaua electrică livrează consumatorilor o putere $P = 750$ kW, la care corespunde $S = 1\,000$ kVA și $Q = 650$ kVAr. Rezistența prizelor de pămînt $R_p = R_{p1} + R_{p2} = 3$ ohmi. Distanța dintre conductoarele aeriene: $b = 110$ cm, iar rezistivitatea solului $\rho = 10^4 \ \Omega$ cm.

Impedanțele de sarcină

$$\overline{Z}_{sd} = \frac{U^2}{S} (\cos \varphi + j \sin \varphi) = 169 + j\ 141 \ [\text{ohmi}]$$

$$(1B)$$

$$\overline{Z}_{si} \cong j\ 0{,}25\ (\overline{Z}_{sd}) = (42{,}4 + j\ 35{,}3) \ [\text{ohmi}]$$

Impedanţele liniei se determină pe baza relaţiilor date în literatură [5]:

$$\overline{Z}_a = \left[r_a + \mathrm{j}\,0{,}1447\cdot\frac{D_p}{r} + \mathrm{j}X_{int}\right]\cdot l = 9{,}6 + \mathrm{j}\,7{,}8 \ \text{[ohmi]}$$

$$\overline{Z}_b = \left[r_b + \mathrm{j}\,0{,}1447\cdot\frac{D_p}{r} + \mathrm{j}X_{int}\right]\cdot l \qquad \text{(2B)}$$

$$\overline{Z}_c = \left[r_c + \mathrm{j}\,0{,}1447\left(\log\frac{940\sqrt{\rho}}{b}\right)\cdot l\right] = 3{,}5 + \mathrm{j}\,4{,}31 \ \text{[ohmi]}$$

$$r_c = 0{,}05 \ \text{ohmi/km} + R_{p1} + R_{p2}\,; \quad Z'_{ab} = (0{,}5 + \mathrm{j}\,4{,}2) \ \text{[ohmi]}.$$

Impedanţele suplimentare:

$$\overline{Z}_{sup.2} = (1{,}7 - \mathrm{j}\;1{,}03) \ \text{[ohmi]}$$

$$\text{(3B)}$$

$$\overline{Z}_{sup.1} = (2{,}2 - \mathrm{j}\;0{,}43) \ \text{[ohmi]}$$

Dacă se aplică expresiile gradelor de nesimetrie date de relaţiile (23), se obţine

$$\delta_i\,\% = \frac{|(1{,}7 - \mathrm{j}\;1{,}03)|\cdot 100}{|34{,}9 + \mathrm{j}\;38{,}64|} = 3{,}36\%\,;$$

$$\delta_u\,\% = \frac{|(1{,}7 - \mathrm{j}\,1{,}03)(42{,}4 + \mathrm{j}\;35{,}3)|\,100}{|(39{,}4 + \mathrm{j}\;52{,}24)(169 + \mathrm{j}\,141)|} = 0{,}86\% \qquad \text{(4B)}$$

Făcînd aceleaşi calcule în cazul unei reţele electrice de 15 kV, echipată cu conductoare din oţel ($r_c = 1{,}9$ ohmi/km şi $X_{int.} = 0{,}4$ ohmi/km), valori determinate folosind curbele din literatură [5] pentru aceeaşi secţiune de 35 mm², rezultă:

$$\overline{Z}_a = (19 + \mathrm{j}\,11{,}8) \ \text{[ohmi]}\,; \quad \overline{Z}_c = (3{,}5 + \mathrm{j}\,4{,}31) \ \text{[ohmi]}$$

$$\text{(5B)}$$

$$\overline{Z}_{sup.2} = (4{,}8 - \mathrm{j}\,0{,}33) \ \text{[ohmi]}\,; \quad \overline{Z}_{sup.1} = (5{,}3 + \mathrm{j}\,3{,}89) \ \text{[ohmi]}$$

Valorile gradelor de nesimetrie:

$$\delta_i\,\% = \frac{|(4{,}82 + \mathrm{j}\,0{,}33)\cdot 100}{|52{,}43 + \mathrm{j}\;39{,}43|} = 7{,}4\% < 10\%$$

$$\text{(6B)}$$

$$\delta_u\,\% = \frac{|215{,}7 + \mathrm{j}\,156{,}5|\cdot 100}{|600 + \mathrm{j}\;14{,}460|} = 1{,}82\% < 5\%.$$

În cazul unei reţele electrice DCP de 35 kV cu conductoare din OL-AL-35 mm² cu $S_T = 3\,200$ kVA (puterea staţiei de racordare), care transportă $P = 2\,000$ kW; $Q = 1\,500$ kVAr; $R_{p1} = R_{p2} = 1$ ohm, $b = 300$ cm; $l = 30$ km, rezultă:

$$\overline{Z}_{ds} = \frac{35^2}{(2 - \mathrm{j}\,1{,}5)} = (392 + \mathrm{j}\;295) \ \text{[ohmi]}$$

$$\overline{Z}_a = (10{,}6 + \mathrm{j}\;7{,}8) \ \text{[ohmi]}$$

$$\overline{Z}_c = (1{,}83 - \mathrm{j}\;4{,}73) \ \text{[ohmi]} \qquad \text{(7B)}$$

$$\overline{Z}'_{ab} = (1{,}5 + \mathrm{j}\;10{,}8) \ \text{[ohmi]}$$

$$\overline{Z}_{sup.2} = (3{,}3 - \mathrm{j}\;5{,}92) \ \text{[ohmi]}$$

$$\overline{Z}_{sup.1} = (1{,}83 - \mathrm{j}\;4{,}73) \ \text{[ohmi]}$$

După efectuarea calculelor rezultă:

$$\delta_i = \frac{|(3{,}3 - \mathrm{j}\,5{,}92)|\cdot 100}{|(5{,}13 + \mathrm{j}\,113{,}34)|} = 6{,}228\%\,; \quad \delta_u = 1{,}6\% \qquad \text{(8B)}$$

Rezultatele comparabile cu cele din literatură obţinute pe o cale mult mai simplă arată că, în condiţii de simetrizare eficientă a sarcinii, gradele de nesimetrie provocate de tipul constructiv al liniei DCP, cu şi fără conductoare de oţel, rămîn mult sub limita valorilor normate, ceea ce demonstrează că, din acest punct de vedere, liniile DCP nu periclitează funcţionarea normală a consumatorilor dacă sarcinile electrice nesimetrice au fost în prealabil simetrizate. În practică se întîlnesc asemenea situaţii cînd reţele electrice DCP alimentează căi ferate electrificate în c.a. monofazat, racordate la sistemul de alimentare prin intermediul schemei cu transformatoare monofazate V/V.

Bibliografie

[1] Carabulea, A. şi Arie, A. *Metode pentru remedierea nesimetriei în rețelele electrice.* IDT, Bucureşti, 1963.

[2] Antoniu, I. S. *Bazele teoretice ale electrotehnicii.* Partea **III** – *Chestiuni speciale.* Bucureşti, Editura Academiei R.P.R., 1959.

[3] Apetrei, C. și Crețu, D. *Regimurile de funcționare a generatoarelor sincrone în cazul sistemelor energetice locale.* Studii și cercetări de energetică, Acad. R.P.R., III (1958), nr. 4, p. 599.

[4] Hage, H. *Abnahme der gegenläufigen Spannung und Strommkomponente bei Übertragungsleitungen durch Drehstrominduktions Maschinen.* ETZ-A **78** (1958), nr. 6, p. 182–185.

[5] Carabulea, A. *Contribuții la studiul influenței rețelelor electrice două conductoare – pămînt asupra circuitelor învecinate de telecomunicații.* Teză de disertaţie – Institutul politehnic – Bucureşti, 1963.

[6] Gheorghiu, N. *Rezultatele de exploatare în R.P.R. a rețelelor doi conductori – pămînt (DCP) după opt ani de funcționare şi perspectiva dezvoltării lor.* Energetica **11** (1963), nr. 8, p. 401–416.

[7] Genkin, M. V. *Equilibrage statique d'une charge monophasée.* Revue Générale d'Electricité, **LVI** (1947), nr. 12, p. 489.

[8] Rusce, S. *The balancing of unbalanced three-phase load.* ASEA Rev. nr. 2, 1959, p. 137–146.

[9] Kovzan, A. A. *O simetrirovanie trefaznîh sistem s odnofaznami nagruskami.* Izv. vîsşih ucebnik zavedenii. Energhetika nr. 10, 1958, p. 17–25 şi nr. 4, 1959, p. 17–26.

[10] Kalantarov, P. L. şi Zeitlin, L.A. *Generalization of Boucherot circuit and transformation of monophase into thorcephase system.* Comptes-rendus de l'Academie des Sciences de l'U.R.S.S., vol. LIII, nr. 8, 1946.

[11] Nagan, T. *Transformarea tensiunii trifazate nesimetrice în tensiune simetrică.* Brevet Japonia – $C_1$58, H.O., nr. 4934 din 13.07. 1957.

[12] Bandas, A. M. şi Culinici, V. A. *Avtomaticeskoe simetrirovanie trefaznoi seti pitaiuşcei aktivnuiu odnofaznuiu nagrusku peremenovo velicinî.* Izv. vîşşih ucebnik zavedenii. Energhetika nr. 9, 1959, p. 53–59 şi nr. 5, 1961, p. 1–6.

[13] Wrigt, A. *A simulator for studying asimmetricallĥ spaced over heat power lines.* Power Engng. **2** (1961), nr. 3, p. 26–30.

[14] Rojavski, S. M. *Prakticeskii kriterii vojmojnost prisoedineniia moşcinost odnofaznoi nagruski k energosistemu o danoi tocike setei.* Izv. vîşşih ucebnik zavedenii. Energhetika nr. 4, 1960, p. 1–4 şi nr. 4, 1961, p. 126–130.

[15] Kozvan, A. A. *Oțenka nesimetrii v trefaznîh sistemah s pomoşciu nomogramî.* Izv. vîşşih ucebnik zavedenii. Energhetika, nr. 7, 1961, p. 28–34.

[16] Hochreiner, A. *Symmetrische Komponenten in Drehstromsystemen.* Berlin (Göttingen), Heidelberg Springer Verlag, 1957, p. 364.

[17] Prinz, H., Dommel, H. *Unsimmetrische Lichtbogen Kurzschlüsse.* Elektrizitätswirtschaft **60**, nr. 11, 1961, p. 385–389.

[18] Richter, T. *Vyvoj kompenzace kapacitnîch zemnich provudu v setich 22 kV v jiznich Cechach.* Energetika, **10** (1960), nr. 10, p. 538–543.

[19] Lode, I. și Anderson, G. *Filtre pour composantes symetriques des courants.* ASEA Revue **31** (1959), nr. 1, p. 15–17.

[20] Siskin, N. F., Smorodinski, E. M., Mihaev, I. A. ș.a. *Filtrovaia zașcita elektrodvigatelei.* Elektricestvo **78** (1957), nr. 12, p. 60–64.

[21] Machacek, Ç. *Mereni nesymetrie.* Energetika **8** (1958), nr. 9, p. 408–410.

[22] Kulinici, V. A. și Bandas, A. M. *Ustroistvo dlea simetrirovanie tokov v trefaznîh setei.* Patent U.R.S.S – C. 1, 21 d^2.43, nr. 12151 din 18.08.1959.

[23] Hanas, B. și Becknis, I. *Anordning for symmetrering av in enfasbelstning et symetrickt trefassistem.* Patent Suedia Cl. 21d^2, 43, nr. 15831 din 26.03.1957.

[24] Britschgi, I. *Eine neue Lösung zur Erzeugung einer symmetrischen Dreiphasenspannung aus zwei Phasen un dem Nulleiter eines Dreiphasennetzes.* Elektrizitätsverwertung **36** (1961), nr. 8, p. 249–250.

[25] Pericart, I. și Anges, P. *Etude du désequilibre électrique engendré sur un réseau de transport d'énergie des lignes aériennes à conducteurs non-transposés.* Revue Générale de l'Electricité **68** (1959), nr. 6, p. 415–426.

[26] Koettnitz, H. *Verdrilung und Unsymmetrie von Hochspannungs–Freileitungen.* Deutsche Elektrotechnik **12** (1958), nr. 7, p. 224–232.

[27] Ghersingorn, A. I. și Melnikov, N. A. *Transpozițiia v elektriceskih seteah* 35–220 kV. Elektricestvo nr. 3, 1956, p. 49–53.

[28] Gubanov, V. V. *Transformator preovrozovateli odnofaznovo naprejeniia v trifaznova.* Izv. vîsșih ucebnik zavedenii. Energhetika **2** (1959), nr. 6, p. 16–24.

[29] Kowalsky, Z. *O probnosci zastepze nepowetznych linii srednich napiez typu dwa prezwody-ziemia.* Przeglad Electrotechnizni **XXXIII** (1957), nr. 6.

[30] Hsiao, T. *Foult analysis by modified Alpha, Beta and Zero components.* Power Apparatus and Systems, nr. 6, 1962, p. 136–146.

Instalații de automatizare din rețeaua de iluminat public a orașului București

Ing. **W. Friedmann**

Dezvoltarea continuă a orașului București, intensificarea circulației, creșterea nivelului de iluminare a străzilor pretind instalațiilor de iluminat public o siguranță de funcționare deosebit de mare. Aceasta se traduce în fapt prin eliminarea deficiențelor sistemului actual de comandă în cascadă a punctelor de aprindere și prin introducerea unui sistem operativ de informare a dispecerului pentru iluminatul public.

Problema continuității în alimentarea rețelei de iluminat public este legată și de aspecte economice, cum ar fi energia livrată și prețul de cost. În sistemul de plată a energiei electrice „Pauchal", întreruperea funcționării iluminatului public în timpul programului este penalizată de către beneficiar cu de 8 ori costul energiei nelivrate, iar acolo unde există contoare se înregistrează consumul efectiv.

Pornind de la aceste considerente, pe baza particularităților de funcționare a instalației de iluminat public din orașul București, s-au introdus o serie de dispozitive de automatizare bazate pe concepții moderne, al căror efect este limitarea posibilităților de apariție a defectelor, precum și limitarea zonelor afectate de deranjament.

În cele ce urmează se prezintă cîteva aspecte caracteristice exploatării instalațiilor de iluminat public și unele din instalațiile de automatizare în funcțiune.

La realizarea dispozitivelor s-a urmărit ca prețul de cost să fie mic, construcția simplă, robustă și să se preteze unei exploatări ușoare și sigure.

1. Aspecte ale exploatării contactoarelor în rețeaua de iluminat public

Pentru conectarea rețelelor de iluminat public la sursele de alimentare, se folosesc contactoare tripolare de fabricație „Electroaparataj", cu contacte pentru 100 A și 200 A, ultimele fiind cele mai răspîndite.

La ora actuală, contactoarele sînt legate în cascadă cu bobinele alimentate în curent alternativ. Ca element de protecție se montează pe faza de impuls o siguranță fuzibilă în apropierea contactorului protejat.

După cum se știe, un dezavantaj important al legării contactoarelor în cascadă îl constituie faptul că întreruperea circuitului de comandă duce la declanșarea contactoarelor din avalul locului defect. Unele ramuri ale cascadei conțin 30–40 contactoare, iar cascada mare totalizează peste 350 contactoare.

O parte din procesele care se petrec în bobina contactorului se pun foarte ușor în evidență urmărind variația curentului din circuit, la aplicarea unei tensiuni progresive. Pentru bobinele unor contactoare de 200 A, dependența curentului față de tensiune a fost reprezentată în figura 1.

De exemplu, la contactorul de 120 V, în porțiunea OA, tensiunea crește pînă la atingerea valorii de 93 V, cînd curentul are valoarea de 24 A, iar contactorul anclanșează. O dată cu atragerea armăturii mobile, impedanța bobinei crește de la 3,8 Ω la 74,4 Ω și curentul scade brusc la valoarea de 1,25 A. În continuare, la creșterea tensiunii, curentul crește, dar de data aceasta mult mai lent, încît la tensiunea nominală de 120 V are valoarea de 1,85 A (punctul *C*).

La scăderea tensiunii, diagrama variației curentului este reprezentată de curba *CBDEO*.

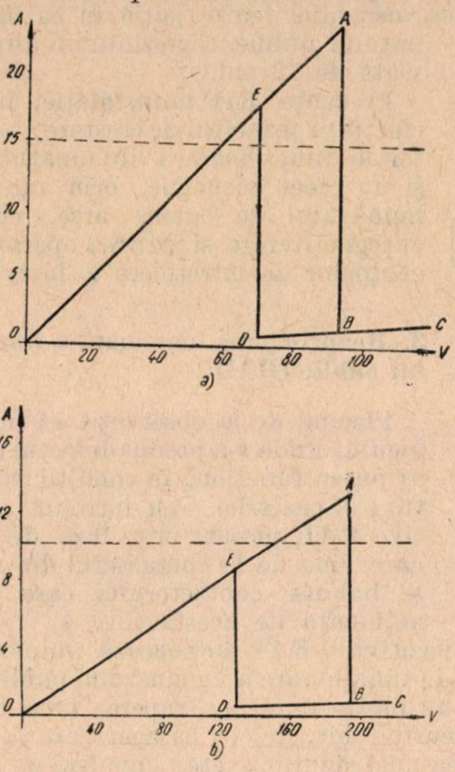


Fig. 1. Diagrama $I = f\ (U)$ la un contactor de 200 A: *a* – pentru o bobină de 120 V; *b* – pentru o bobină de 220 V.

În punctul *D* (70 V; 0,7 A) contactorul declanșează. O dată cu mărirea întrefierului, impedanța bobinei scade brusc, iar curentul crește pînă la valoarea de 17 A, după care scade liniar cu tensiunea.

Siguranța de protecție nu trebuie să se ardă în timpul anclanșării, și pentru aceasta bobinele trebuie protejate cu fuzibile de 15 A sau 10 A pentru tensiunile de 120 V, respectiv 220 V.

În exploatarea rețelei pot apărea deranjamente (punerea la pămînt a unei faze, ruperea conductoarelor aeriene, arderea unei siguranțe etc.), astfel că la aprinderea iluminatului public tensiunea poate fi mai mică decît valoarea minimă pentru anclanșare. Din figura 1 rezultă că într-o asemenea situație apare un curent mult mai mare decît valoarea nominală, dar dacă este mai mic decît curentul critic al fuzibilului, nu produce topirea acestuia.

De regulă, bobina contactorului se arde, iar siguranța se topește după distrugerea bobinei.

De asemenea, în unele cazuri deranjamentele pot să apară și după anclanșarea contactorului. Tensiunea scade sub valoarea de revenire și în circuit apare un curent mai mic decît cel critic al siguranței, dar mult mai mare decît curentul nominal; de asemenea se provoacă arderea bobinei. Datorită efectului de îmbătrînire și cum calibrarea siguranțelor nu este perfectă, de multe ori la anclanșare se ard siguranțele pe faza de impuls și astfel se produc întreruperi în funcționarea normală a iluminatului public.

Scăderea tensiunii pe faza de impuls după anclanșarea contactorului micșorează forța portantă a electromagnetului și, fără a se desface armătura mobilă, apare o vibrație puternică, în urma căreia izolația de bumbac a bobinei se distruge. Aceasta duce la scurtcircuitarea spirelor și la arderea bobinei.

Din examinarea fișelor de avarii s-a constatat că frecvența acestor deranjamente (topirea inutilă a siguranțelor și arderea bobinelor) este mare, atingînd circa 20–25 % din totalitatea lor.

În afara aspectelor prezentate, trebuie remarcat că în zonele în care rețeaua aeriană de iluminat public se învecinează cu linia troleibuzului se produce arderea bobinelor prin introducerea tensiunii continue de 750 V, cînd captatorul sare și atinge conductoarele rețelei de iluminat. De asemenea, un alt neajuns al legării contactoarelor în cascadă este faptul că, datorită curenților telurici mai ales în perioada de primăvară și toamnă, dimineața la stingerea iluminatului, unele contactoare rămîn anclanșate, menținînd în funcțiune rețeaua din aval.

2. Dispozitivul pentru îmbunătățirea funcționării contactoarelor (RIF)

Dispozitivul RIF folosește un releu al cărui cuplu activ este mult mai mare decît cuplul rezistent. În aceste condiții, tensiunea de anclanșare este mult mai mică decît cea nominală, la care releul este stabil termic. De la tensiunea de anclanșare și pînă la tensiunea nominală a releului se creează un interval în care, indiferent care este valoarea tensiunii aplicate, releul anclanșează sigur.

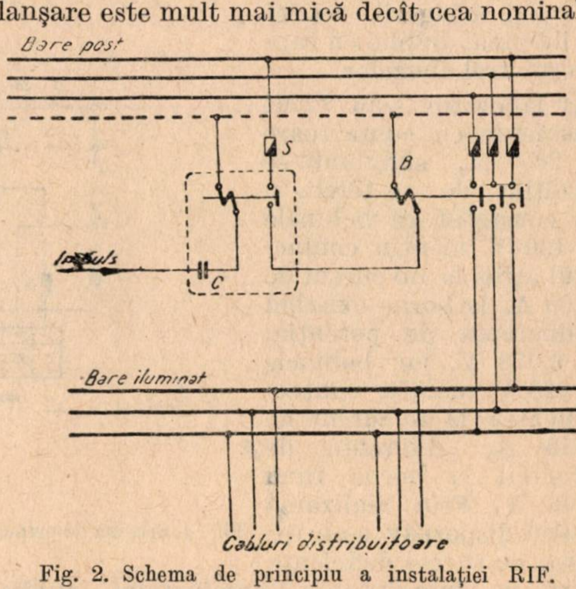


Fig. 2. Schema de principiu a instalației RIF.

După cum se vede din figura 2, bobina *B* a contactorului este legată la barele de joasă tensiune ale postului de transformare. Tensiunea de comandă se aplică releului şi chiar dacă variază în limita 60—135 V (dacă tensiunea nominală ar fi 120 V) sau 140—240 V (dacă tensiunea nominală ar fi 220 V), tensiunea la bornele bobinei contactorului rămîne constantă, viaţa bobinei contactorului fiind asigurată.

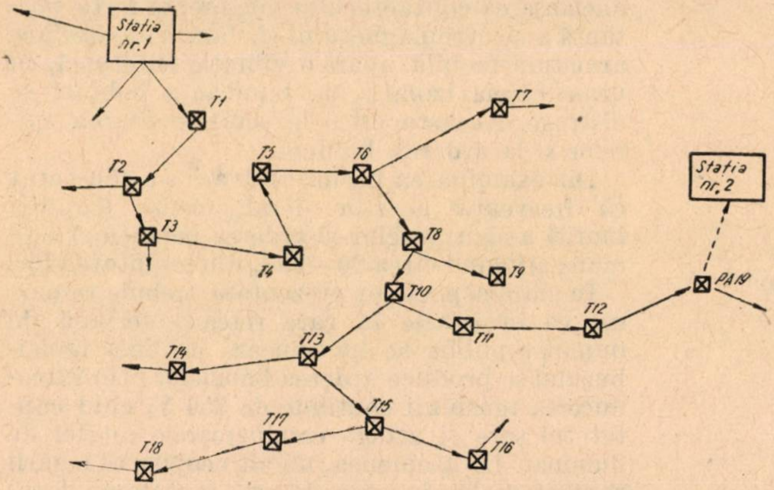


Fig. 3. Schema funcţională a legării contactelor în cascadă.

Condensatorul C, legat în serie cu bobina releului, împiedică trecerea curenţilor telurici, care provoacă reţinerea armăturii mobile a contactoarelor. Tensiunea de lucru a condensatorului este 1 000V. Astfel constituie o protecţie şi în cazul atingerii reţelei de iluminat public cu captatorul troleibuzelor.

În laborator s-au făcut experienţe cu contactoare de 200 A, simulîndu-se condiţiile de pe teren, şi s-a constatat că bobinele de 120 V menţin contactorul atras la un curent de 0,100 A, la borne existînd o diferenţă de potenţial de 0,072 V, iar bobinele de 220 V menţin contactorul atras la un curent de 0,050 A, diferenţa de potenţial la borne fiind 0,148 V. Prin realizarea acestui dispozitiv s-au rezolvat cu succes deficienţe grave în funcţionarea iluminatului public.

În prima etapă, dispozitivele RIF s-au introdus în punctele de aprindere, de unde derivă mai multe direcţii de impuls şi care astfel constituie punctele principale în cascada de iluminat. De asemenea, utilitatea dispozitivelor RIF impune introducerea lor treptată în toate punctele de aprindere.

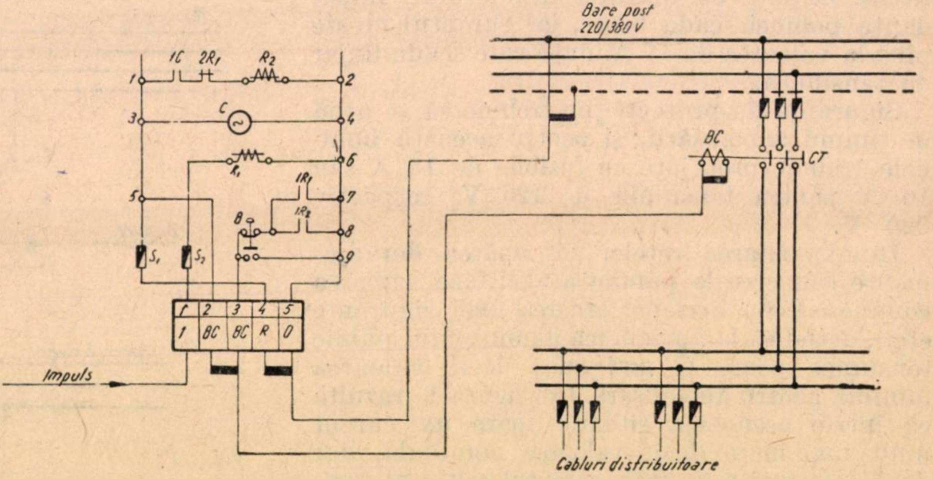


Fig. 4. Schema de principiu a instalaţiei pentru reaprinderea automată a iluminatului public.

Exploatarea RIF este foarte simplă. Releul, cu contactele bine curăţate şi reglate, poate funcţiona un an fără nici o supraveghere. Pentru o durată de funcţionare de 5 000 anclanşări, ceea ce înseamnă foarte puţin în cazul iluminatului public, reprezintă o durată de viaţă de 12 ani.

Prezenţa RIF în instalaţie, în afara efectului principal de creştere a siguranţei de funcţionare a iluminatului, are şi un efect economic, prin micşorarea numărului de bobine arse, creşterea energiei livrate şi mărirea operativităţii echipelor de întreţinere a instalaţiilor.

3. Reaprinderea automată a iluminatului public (RAI)

Plecînd de la observaţia că în avalul locului unde s-a produs defectul cascada ar putea funcţiona în condiţii bune, pe traseul cascadei s-au introdus dispozitive RAI, plasate între faza de impuls care vine de la contactorul din amonte şi bobina contactorului care trebuie acţionată de acesta (fig. 4).

Dispozitivul RAI acţionează numai între orele de funcţionare a iluminatului public. Dacă dintr-un motiv oarecare (ruperea unui conductor, scurtcircuit, defect pasager care a produs arderea unei siguranţe etc.) impulsul de comandă nu a sosit, se dă automat comanda contactorului local. Acesta anclanşează şi pune în funcţiune restul cascadei pînă la sfîrşitul ei.

În cele ce urmează se va arăta funcţionarea dispozitivului, urmărind desfăşurarea cronologică a fenomenelor.

În momentul aprinderii iluminatului public, tensiunea de impuls excită releul R_1 şi acesta închide circuitul 5—7, iar contactorul CT anclanşează.

După 10 minute de la aprinderea iluminatului, se închide contactul $1C$ fără efect, căci $2R_1$ este deschis.

Dacă din cauza unui deranjament nu sosește tensiune de impuls la ora aprinderii, contactul $1C$ stabilește circuitul 1—2 și R_2 se excită.

Dacă impulsul a sosit la ora normală, dar a dispărut după închiderea contactului $1C$, imediat după dezexcitarea releului R_1 se stabilește circuitul 1—2, R_2 se excită și contactorul anclanșează.

Revenirea impulsului are ca efect anclanșarea lui R_1, contactul $1R_1$ stabilește circuitul 5—7, iar $2R_1$ provoacă dezexcitarea lui R_2, contactul $1R_2$ se deschide, dar contactorul rămîne atras pe circuitul 5—7 și totul revine la normal. În eventualitatea că în timpul nopții nu s-a produs nimic deosebit, dimineața ceasul își deschide contactul $1C$ fără efect, apoi după 10 minute impulsul dispare, R_1 se dezexcită, se întrerupe circuitul 5—7, din care cauză contactorul se deschide. Închiderea lui $2R_1$ nu mai are nici un efect deoarece $1C$ este deschis. Dacă în timpul nopții impulsul a dispărut și contactorul a rămas atras datorită releului R_2, prin deschiderea contactului $1C$ se întrerupe circuitul 1—2. Atunci R_2 se dezexcită și, deschizînd contactul $1R_2$, întrerupe alimentarea bobinei contactorului, care se deschide. Pentru verificările curente ale contactorului, bobinei sale și siguranței S_1, s-a prevăzut un buton de contact B, care printr-o simplă apăsare permite acționarea contactorului.

Dispozitivele RAI au fost introduse în rețeaua de iluminat public a orașului București, contribuind prin comportarea lor la buna funcționare a cascadelor, rezolvînd astfel multe situații dificile ivite în exploatare. Schema este simplă și sigură. Un control atent al ceasurilor de contact la interval de 20—30 zile asigură o bună funcționare a lor.

4. Supravegherea siguranțelor

Alimentarea instalației de iluminat public se face prin intermediul cablurilor distribuitoare trifazice, legate pe barele de plecare ale contactorului. În general, arderea siguranței pe una din fazele cablului distribuitor este sesizată destul de greu și după un timp îndelungat, iar întreruperea funcționării iluminatului public în zona afectată de deranjament are consecințe nedorite.

Pentru asigurarea continuității funcționării iluminatului public și pentru asigurarea planului de energie livrată, s-a realizat instalația pentru supravegherea siguranțelor. În momentul apariției deranjamentului, situația este semnalată în camera de comandă a stației aferente postului.

În cazul legării unei sarcini echilibrate la o rețea trifazică (fig. 5), punctul neutru al stelei are față de pămînt potențialul zero. Dar dacă dispare tensiunea pe una din faze, punctul neutru se deplasează în O' și față de pămînt capătă o diferență de potențial $\underrightarrow{OO'}$.

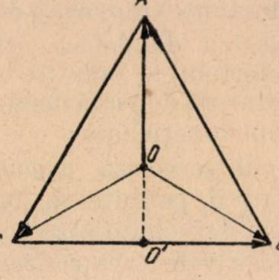


Fig. 5. Diagrama fazorilor tensiunilor pentru un sistem trifazic echilibrat.

Triunghiul ABC este echilateral și, după cum se știe, fazorul

$$\underrightarrow{OO'} = \frac{1}{2}\underrightarrow{OA}.$$

Deci, la arderea unei siguranțe în rețeaua cu tensiunea de 120/208 V, apare o tensiune de deplasare a neutrului de 60 V sau 110 V în rețelele de 220/380 V.

La arderea a două siguranțe, deplasarea neutrului reprezintă tensiunea între fază și pămînt, adică 120 V, respectiv 220 V.

Controlînd, cu ajutorul unui releu, tensiunea dintre punctul neutru al stelei și pămînt, se pot căpăta informații cu privire la existența tensiunii pe cele trei faze. Elementele sarcinii echilibrate sînt condensatoarele C (fig. 6).

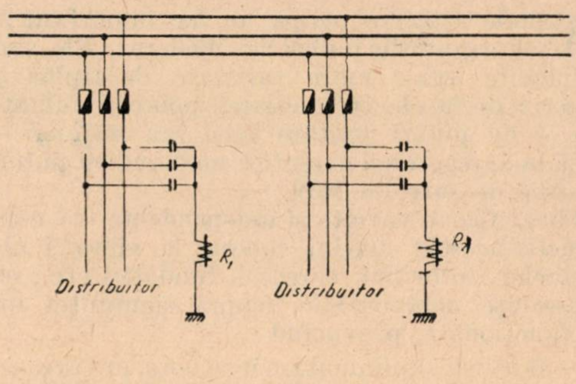


Fig. 6. Schema de principiu a instalației pentru supravegherea siguranțelor.

Contactele releelor se leagă în paralel, astfel că, oricare dintre ele s-ar închide, este suficient pentru a semnaliza defectul la punctul de control. Înlocuirea siguranțelor pretinde intervenția personalului în post, astfel că nu este necesară semnalizarea distinctă a fiecărei siguranțe.

Folosirea condensatoarelor pentru realizarea sarcinii echilibrate este foarte avantajoasă în comparație cu alte procedee utilizate (becuri, rezistențe, inductanțe) din următoarele motive :

— probabilitatea de defect este mult mai mică decît la elementele amintite mai sus, fapt care asigură o durată de viață deosebit de lungă și siguranță în funcționare ;

— dispozitivul sesizează asimetria tensiunilor și aceasta îi permite să funcționeze în rețele cu sarcina dezechilibrată ; această calitate nu o au dispozitivele care sesizează asimetria curenților, care sînt și mai scumpe ;

— dispare consumul de energie activă și degajarea de căldură legată de acesta ;

— prețul de cost este foarte mic.

Dacă iluminatul public reprezintă principala utilizare a dispozitivului, de la caz la caz se pot stabili și alte instalații, unde supravegherea siguranțelor poate aduce servicii.

*

Aceste cîteva încercări de automatizare a funcționării rețelei de iluminat public nu au epuizat toate problemele. Rămîne ca în viitor acțiunea să fie continuată.

Bibliografie

[1] Badea, I., Broșteanu, Gh., Chenzbraun, I. și Columbeanu, P. *Protecția și automatizarea sistemelor electrice.* Editura tehnică, București, 1963.
[2] Klementiev, S. D. *Avtomatika i telemehanika* G.I. T.T.L., Moscova, 1955.
[3] Soloviev, I. I. *Avtomatizațiia energheticeskii sistem.* Gosenergoizdat, Moscova, 1950.
[4] * * * *Sisteme de comandă centralizată pentru rețele urbane.* I.D.T., București, 1961.
[5] Malov, V. S. *Telemehanika v energheticeskih sistemah.* Gosenergoizdat, Moscova, 1951 .
[6] Ghinzburg, S. A., Lehtman, I. I. și Malov, V. S. *Osnovî avtomatiki i telemehaniki.* Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1953.
[7] Friedmann, W. *Telesemnalizarea funcționării instalațiilor pentru iluminatul străzilor în orașul București.* Energetica **11** (1963), nr. 4.

Unele probleme privind limitele admisibile ale vibrațiilor agregatelor energetice

Ing. **Petre Roșca** și ing. **Petre Iftime**

Mașinile rotative ocupă un loc important în toate ramurile industriei moderne. Ele sînt răspîndite într-o mare varietate de tipuri și puteri : de la electromotoare, pompe, suflante etc. — de puteri unitare mici sau mijlocii — pînă la agregatele energetice moderne cu puteri unitare de sute de MW.

Cauze foarte variate și independente de construcția acestor mașini conduc la vibrații ale lagărelor, rotorului, carcasei, fundației etc., cu consecințe nefavorabile asupra siguranței lor de funcționare, provocînd :

— tensiuni suplimentare în arbore, în carcasă, în corpurile lagărelor și în ramele de fundație :

— perturbări în pelicula de ulei a lagărelor care pot duce la apariția frecării uscate și în final la topirea compoziției cuzineților ;

— atingeri la etanșări ;

— deteriorarea mecanismelor și aparatelor de reglaj, măsură și control montate pe agregate ;

— vibrații la agregatele și instalațiile înconjurătoare, precum și în pereții clădirilor ;

— trepidații și zgomote supărătoare pentru personalul centralei care lucrează în apropiere.

Măsurarea tuturor acestor vibrații poate fi considerată în prezent ca o problemă tehnică rezolvată. Pentru sectorul energetic al Departamentului Energiei Electrice există în cadrul întreprinderii ,,Energo-reparații'' un laborator de vibrații dotat cu aparatură foarte variată și modernă cu care se pot efectua [1] măsurători de vibrații avînd frecvențe cuprinse între 0 și 300 Hz și amplitudini între 0 și 1 500 microni, cu erori sub 1%.

După măsurarea vibrațiilor respective, sarcina nu este însă terminată, deoarece trebuie stabilit dacă aceste vibrații sînt dăunătoare sau nu. În acest scop s-au efectuat numeroase studii și cercetări de către fabricile constructoare de mașini cît și de alte organe de specialitate, acumulîndu-se o bogată experiență și elaborîndu-se diverse norme. Cu toate acestea, în prezent nu există o concepție unitară și o reprezentare clară a fenomenelor de vibrații legate în special de valorile admisibile și influența lor asupra funcționării sigure a agregatelor rotative.

În articolul de față se prezintă modul în care se pun în prezent problemele legate de interpretarea vibrațiilor agregatelor rotative, cu aplicare la agregatele energetice.

Tabela 1

Viteză de rotație a turbinei, rot/min	Foarte bine mm	bine mm	Satisfăcător mm
1 500	Pînă la 0,03	Pînă la 0,05	Pînă la 0,07
3 000	Pînă la 0,02	Pînă la 0,03	Pînă la 0,05

1. Analiza vibrațiilor admisibile la agregatele energetice în funcție de amplitudinea maximă

În cadrul M.M.E.E., încă din 1953 prin prima ediție a Prescripțiilor de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice (PET) se stabilește valoarea maximă a amplitudinii vibrațiilor în funcție de turația de regim a agregatului. Ultima ediție a PET (1960) prevede ca vibrația lagărelor turbinelor și ale generatoarelor, măsurate în trei direcții (verticală, longitudinală și transversală), pe capacul lagărelor să fie calificată conform tabelei 1.

În U.R.S.S., încă din 1951, în GOST 5908 s-au stabilit mărimile maxime admise ale vibrațiilor lagărelor turbinelor. Acest GOST se referă însă numai la turbinele staționare cu abur după montarea lor la locul de funcționare, imediat după livrarea de către fabricile constructoare ; valorile pescrise sînt totuși utilizate și la probele de recepție. În conformitate cu acest GOST, mărimea admisibilă a vibrațiilor (amplitudinea dublă a oscilațiilor) corespunde valorilor din tabela 2.

Tabela 2

Turația turbinei, rot/min	Normele de vibrații ale turbinei, μ	
	La sarcină completă și la jumătate sarcină	La mers în gol fără excitarea generatorului
1 500	60	90
3 000	40	60
5 000 și mai mult	20	30

Pe baza experienței și a cercetărilor efectuate de către diversele fabrici constructoare de turbine sau de către întreprinderile de exploatare, acestea au întocmit norme privind vibrațiile admisibile, care se caracterizează tot printr-o limitare a amplitudinii maxime funcție de frecvență, respectiv de turația mașinii. În figura 1 sînt prezentate curbele construite de M. K. Cernîșevski [2] pentru amplitudinile vibrațiilor admisibile în funcție de turația mașinii, la cîteva din fabricile constructoare de turbine cu abur și după sistemul energetic Lenenergo.

În figura 2 sînt prezentate curbele după T. C. Rathbone, destul de răspîndite în literatura străină, care se bazează pe un număr mare de observații. Spre deosebire de PET și GOST,

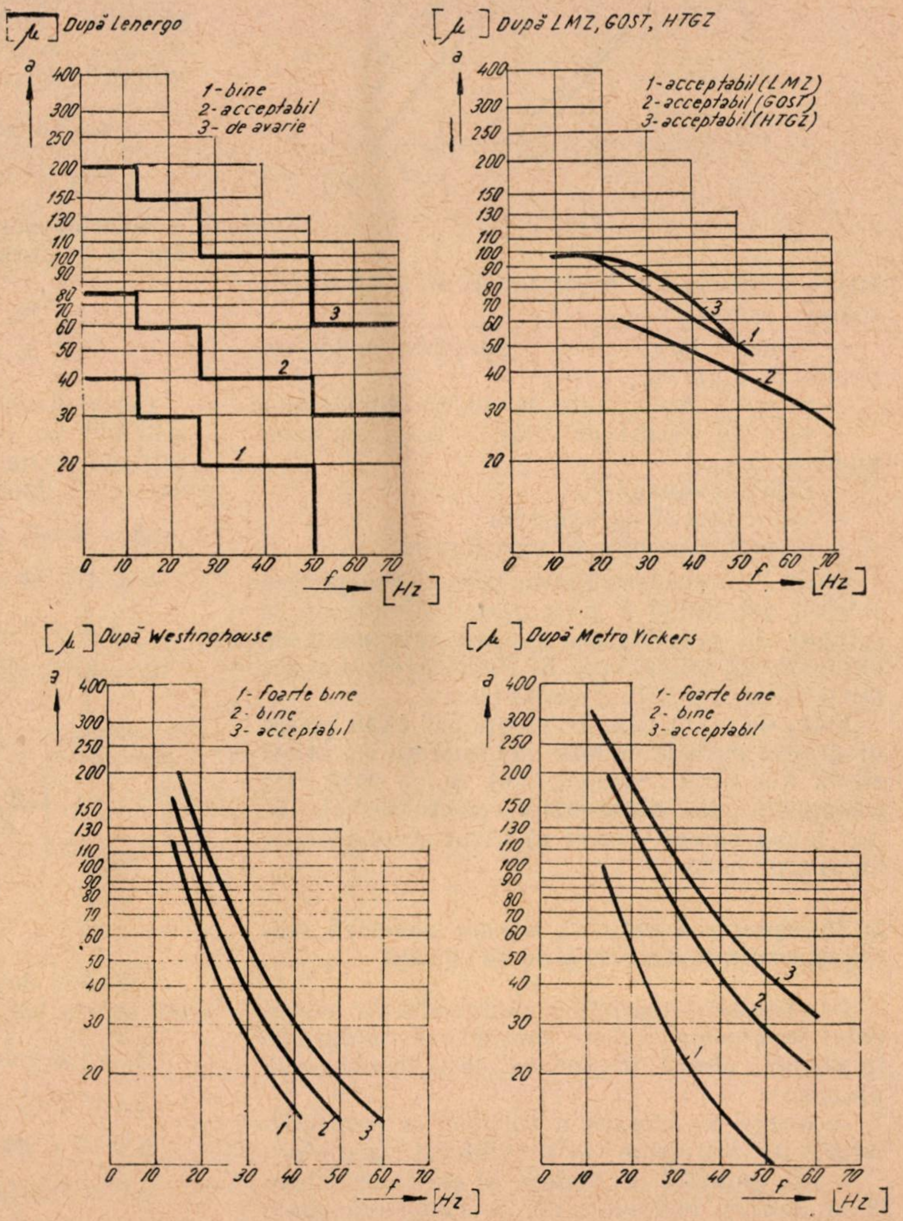


Fig. 1.

amplitudinile vibrațiilor sînt date în înțelesul obișnuit, adică simple (nu duble). În diagrama Rathbone, curbele de la *1* la *6* se referă la oscilațiile verticale ale lagărelor și prezintă următoarele aprecieri:

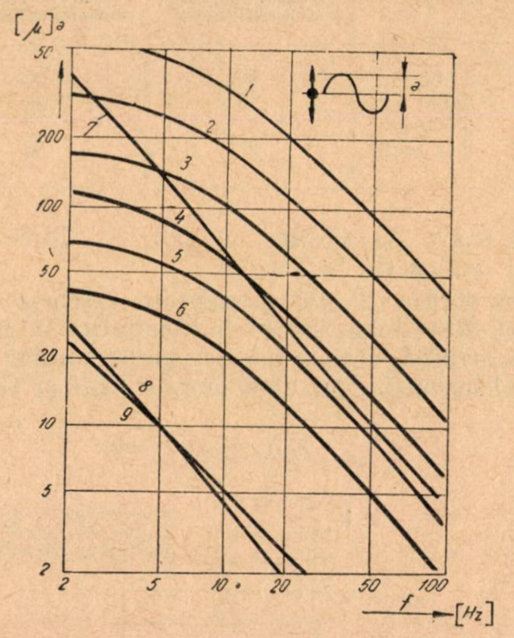


Fig. 2.

— vibrații foarte mari; îndepărtarea lor nu poate fi amînată;

— vibrații mari; este necesară eliminarea;

— vibrații destul de mari — se recomandă ameliorarea;

— vibrații admisibile;

— mers bun al agregatului;

— mers foarte bun al agregatului.

Linia *7* marchează limita periculoasă pentru clădiri, iar liniile *8* și *9* pragul de percepere (pragul de sensibilitate pentru personalul de exploatare), prima după E. Reiher și F. Meister, iar a doua după T. C. Rathbone.

Este, de asemenea, de menționat că în aceste diagrame curbele trebuie considerate ca valori medii ale căror variații sînt de ± 25%. De asemenea, din observațiile efectuate, ele se pot folosi corect numai în cazul turbinelor cu un singur corp.

2. Interpretarea practică a unor concluzii teoretice rezultate din ecuațiile de vibrații

La stabilirea mărimilor admisibile ale vibrațiilor turbinelor cu abur, normele și standardele în vigoare pleacă, în general, de la următoarele premise:

— starea de vibrații a turbinei se caracterizează în întregime prin vibrația lagărelor;

— din punctul de vedere al efectelor vibrațiilor asupra lagărelor, ele se consideră egale în toate cele trei direcții;

— din același punct de vedere, o aceeași valoare a amplitudinii este la fel de periculoasă pe orice lagăr:

— cu toate că la mersul în gol al turbinei vibrațiile se consideră admisibile cu 1,5 ori mai mari decît cele la sarcină nominală, acest regim este în mai mică măsură periculos pentru mașină;

— efectele vibrațiilor cresc cu frecvența, respectiv cu turația, și la aceeași turație, cu amplitudinea vibrației.

Pentru analizarea acestor premise se va lua în considerare sistemul arătat în figura 3, format din două mase cuplate elastic (rotorul, sprijinindu-se pe lagăre prin intermediul unei pelicule de ulei, formează împreună un sistem elastic cu două grade de libertate), una dintre ele avînd rezistență vîscoasă și forță perturbatoare periodică. Notînd deplasările celor două mase, m, cu x' și x'', ecuațiile lui Lagrange pentru vibrațiile forțate [3] vor fi:

$$mx_1'' + hx_1' + kx_1' - kx_2 = F \sin\omega t$$

$$mx_2'' + 0 - kx_1 + kx_2 = 0.$$

Soluțiile particulare pentru vibrația forțată vor fi de forma:

$$x_1 = A \sin\omega t + B \cos\omega t$$

$$x_2 = C \sin\omega \mathrm{t} + D \cos\omega t$$

Derivînd aceste ecuații [4], substituind în sistemul de ecuații Lagrange și identificînd termenii cu sin ωt și respectiv cu cos ωt, rezultă un sistem liniar cu necunoscutele A, B, C, D.

$$(k - m\,\omega^2)\;A - h\,\omega\,B - k\,C + 0 = F$$

$$h\,\omega\,A + (k - m\,\omega^2)\;B + 0 - k\,D = 0$$

$$-\,k\,A + 0 + (k - m\,\omega^2)\,C + 0 = 0$$

$$0 - kB + 0 + (k - m\,\omega^2)\;D = 0$$

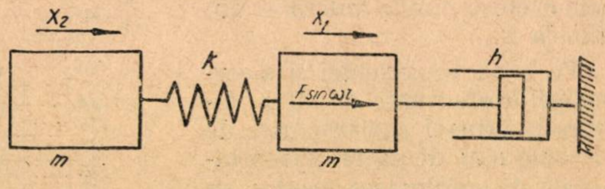


Fig. 3.

Cei cinci determinanți caracteristici ai acestui sistem vor fi:

$$\Delta = [(k - m\omega^2)^2 - k^2] + h^2\,\omega^2\,(k - m\,\omega^2)^2$$

$$\Delta A = F\,(k - m\,\omega^2)\;[(k - m\,\omega^2)^2 - k^2]$$

$$\Delta B = -\,Fh\;\omega\,(k - m\omega^2)^2$$

$$\Delta C = Fk\;\;[(k - m\omega^2)^2 - k^2]$$

$$\Delta D = -\,Fkh\omega\,(k - m\omega^2).$$

Valorile coeficienților A, B, C, D se determină după cum urmează :

$$A = \frac{\Delta A}{\Delta}; \quad B = \frac{\Delta B}{\Delta}; \quad C = \frac{\Delta C}{\Delta}; \quad D = \frac{\Delta D}{\Delta}$$

pentru cazul cînd ω — pulsația forței perturbatoare — este egală cu p — pulsația proprie a sistemului fără frecare — are loc rezonanța. Mărimea amplitudinilor de rezonanță depinde de intensitatea amortizării, exprimată prin coeficientul h.

Valorile acestor amplitudini sînt chiar rădăcinile ecuației date de paranteza mare a lui Δ, anulată, și în care ω s-a înlocuit cu p :

$$(k - m \cdot p^2)^2 - k^2 = 0.$$

Rădăcinile acestei ecuații sînt :

$$p_1^2 = 0 \text{ și } p_2^2 = \frac{2k}{m}.$$

Prima rădăcină nu are sens, deoarece pentru $p = \omega = 0$ sistemul este în repaus, iar a doua este :

$$\omega^2 = p^2 = \frac{2k}{m}.$$

Făcînd înlocuirea în determinanții de mai sus, rezultă :

$$\Delta = \frac{2k^3 h^2}{m}$$

$$\Delta A = 0$$

$$\Delta B = - F k^2 h \sqrt{\frac{3k}{m}} = - \Delta D$$

$$\Delta C = 0$$

Se determină astfel $A = C = 0$

$$D = - B = \frac{F}{h} \sqrt{\frac{m}{2k}}.$$

Din cele prezentate rezultă că mișcările celor două mase în timpul vibrației de rezonanță sînt identice și în opoziție de fază, conform ecuațiilor

$$x_1 = - \frac{F}{h} \sqrt{\frac{m}{2k}} \cos \omega t = - a \cos \omega t$$

$$x_2 = \frac{F}{h} \sqrt{\frac{m}{2k}} \cos \omega t = a \cos \omega t$$

Se constată că în cazul amortizării nule, adică $h = 0$, $a = \infty$, de unde rezultă necesitatea în practică a unui coeficient de amortizare h cît mai mare.

Cazul $\omega = p$ este evitat în practică printr-o serie de măsuri constructive aduse cuzinetului lagărului; mișcările celor două corpuri nu vor fi nici în aceeași fază, nici în opoziție, ci decalate cu un unghi oarecare.

În funcție de valorile coeficienților de legătură și de amortizare din ecuațiile de mai sus, se poate deduce că nici deplasările celor două mase nu sînt identice, respectiv $x_1 \neq x_2$.

În acest fel s-a dovedit matematic că vibrația lagărelor nu reprezintă nici mișcarea arborelui turbinei și nici deplasarea reciprocă.

Aceste considerente teoretice sînt confirmate și de practică. Astfel s-a constatat [2] că vibrația arborelui de turbină este mai mare decît vibrația lagărelor și mai ales decît cea verticală a acestora, și la agregate bine echilibrate [2] poate să le depășească de cîteva ori. Măsurarea acestor vibrații ale arborelui, precum și diferența de fază dintre ele și vibrația lagărelor, apare în acest mod ca deosebit de necesară pentru o stabilire corectă a jocurilor la etanșări, astfel încît să se obțină o funcționare economică și sigură. Aceste măsurători sînt și mai necesare la mersul în gol al mașinii, cu generatorul neexcitat, regim pentru care unele norme [5] admit o creștere a amplitudinilor vibrațiilor cu 1,5 ori mai mare decît a acelor la sarcină nominală.

În ceea ce privește valorile amplitudinilor vibrațiilor în cele trei direcții, prescripțiile actuale și chiar multe norme nu fac deosebire, considerînd o aceeași valoare maximă admisiblă, indiferent de lagăr și indiferent de direcția de vibrație. Aceasta înseamnă că se limitează valoarea amplitudinii maxime după lagărul cel mai puțin masiv și după direcția cu rigiditate minimă.

În realitate, rigiditatea lagărelor nu este aceeași pentru toate direcțiile, la cele mai multe rigiditatea în direcția transversală fiind mai mică decît cea pe direcția verticală. Ca urmare a acestei situații, din ecuațiile de mai sus se deduce că raportul dintre amplitudinile vibrațiilor rotorului și lagărului nu va fi același în cele două direcții. Și această situație este confirmată de practică. Astfel, Sluceaev, caracterizînd vibrațiile turbinei, arată că la amplitudini ale vibrațiilor verticale mai mari de 0,1 mm și la cele ale vibrațiilor transversale de 0,2 mm este necesară repararea turbinei. De asemenea, Church arată că raportul obișnuit dintre amplitudinile vibrațiilor pe verticală și transversală este cuprins între 1/2 și 1/3. De asemenea, Rathbone, arată că amplitudinea oscilațiilor în direcția verticală de 0,05 mm poate fi cu mult mai periculoasă pentru mașină decît vibrația transversală de 0,10 mm.

În practică, lagărele unui agregat sînt diferite atît ca rigiditate cît și ca masă și de aceea nu pot avea aceleași caracteristici la vibrații și în special același raport între amplitudinea vibrației lagărului și cea a rotorului. Practic s-a constatat [2] că lagărul dinspre cuplă, avînd o rigiditate mai mare, trebuie să aibă o vibrație numai pe jumătate din cea a lagărului din față.

În ceea ce privește ultima premisă luată în considerare la elaborarea normelor de vibrații, trebuie arătat că măsurarea amplitudinilor și a frecvenței nu dă indicații suficiente asupra nocivității vibrațiilor. Aprecierea corectă a lor se poate face numai pe baza legilor mișcării. Pentru aceasta se va analiza exemplul de mișcare vibratorie sinusoidală prezentat în figura 4. Curba *a* reprezintă alura unei oscilații cu amplitudinea de 100 μ, corespunzînd, la frecvența de 50 Hz, unui mers foarte neliniștit în curbele din figura 2. Curba *b* reprezintă prima derivată a mișcării în raport cu timpul, avînd amplitudinea maximă 31 400 μ/s. Urmează curba *c*, a accelerației acestei mișcări, respectiv derivata a doua, în raport cu timpul, a curbei *a*, avînd amplitudinea maximă 9 859 600 μ/s^2 sau 9,86 m/s^2. Se vede deci că o vibrație relativ neînsemnată este însoțită de o accelerație enormă, în cazul de față fiind egală cu accelerația gravitației.

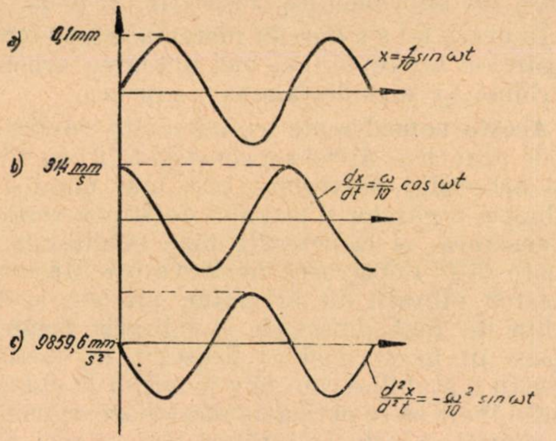


Fig. 4.

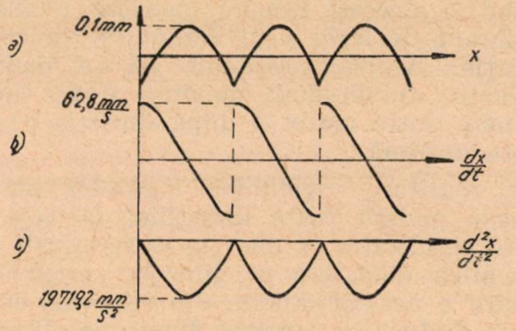


Fig. 5.

Într-un alt exemplu (fig. 5) sînt redate vibrații avînd forma unor jumătăți de sinusoidă, caz întîlnit destul de des în practică.

Considerînd amplitudinea tot de 100 μ și frecvența componentei de bază tot de 50 Hz, rezultă că viteza și accelerația sînt de două ori mai mari decît în cazul precedent. În figura 6 se prezintă un caz teoretic de vibrație dreptunghiulară, tot cu frecvența 50 Hz și amplitudinea 100 μ. Aici, însă, viteza variază alternativ între zero și infinit și la fel accelerația.

În practică, alura curbei de vibrație poate fi și cea din figura 7, adică cu una sau mai multe componente armonice superioare. Aprecierea corectă a vibrației după diagrama Rathbone se face, în astfel de cazuri, numai după descompunerea în armonicele componente, stabilind pentru fiecare frecvență dacă amplitudinea vibrației este sau nu admisibilă. Valorile amplitudinilor pentru vibrații avînd frecvențe mai mari de 100 Hz se obțin prin extrapolarea diagramei Rathbone. Cu această ocazie se observă că armonicele superioare pot reprezenta

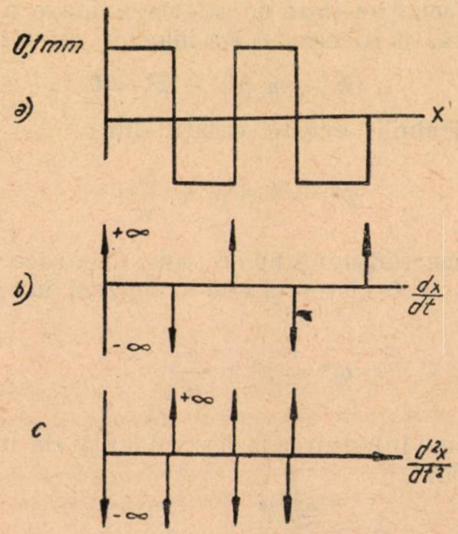


Fig. 6.

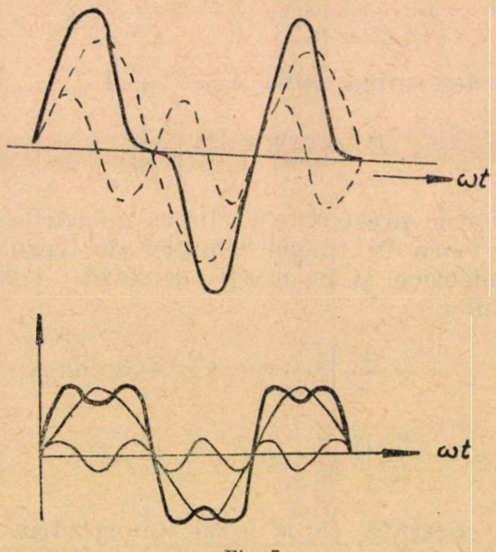


Fig. 7.

vibrații foarte serioase, date fiind valorile admisibile mici ale amplitudinilor la frecvențe ridicate.

În legătură cu aceasta, trebuie arătat că aplicarea simplă a criteriului accelerației nu este justificată în orice situație. Aceleași vibrații pot fi, într-un anumit loc, complet lipsite de importanță, în timp ce în alt loc pot fi extrem de periculoase. În fond, este vorba de o aplicare corectă a legii mecanicii : $F = m \cdot a$, adică în afară de accelerație trebuie luată în considerare și masa elementului în vibrație.

Practic vorbind, dacă curba de vibrație în cauză a fost ridicată, de exemplu, pe excitatricea turbogrupului, care singură este foarte ușoară și așezată la capătul agregatului, aceste vibrații nu periclitează nici excitatricea, nici părțile vecine, astfel încît ea poate funcționa pînă la prima revizie, cînd evident se vor lua măsuri de eliminare a acestor vibrații.

Concluzii

Interpretarea corectă a fenomenului de vibrație la agregatele energetice este de o importanță deosebită, date fiind consecințele nefavorabile asupra siguranței lor de funcționare.

Normele de vibrații admisibile trebuie să ia în considerare nu numai vibrația lagărelor, dar și vibrațiile arborelui, diferențele de fază între deplasarea arborelui, lagărelor și corpului turbinei.

Amplitudinea vibrației arborelui, ca și mișcarea acestuia față de lagăre nu sînt caracterizate în suficientă măsură de vibrația lagărelor.

În norme nu trebuie prevăzute măriri ale vibrațiilor admisibile ale lagărelor la mersul în gol al turbinei, întrucît ele sînt legate de mărirea amplitudinii vibrațiilor arborelui și în final de atingeri la etanșări.

Avînd în vedere rigiditatea diferită, precum și valoarea diferită a maselor, nu se poate spune că o anumită vibrație este la fel de periculoasă pentru oricare dintre elementele care vibrează.

Măsurarea numai a uneia din mărimile caracteristice ale vibrației (deplasare, viteză, accelerație) are o utilitate redusă dacă nu se cunoaște și variația acestora în timp (alura).

Bibliografie

[1] Otobicu, V. *Aparataj nou pentru studiul vibrațiilor.* Buletin de informare tehnică, Energo-reparații, mai, 1963.

[2] Cernîșevski, I. K. *K voprosu o vibrații turbin i sviazanîh s nei iavleniah.* Energomașinostroenie nr. 5, 1959.

[3] Hamburger, L. și Buzdugan, Gh. *Teoria vibrațiilor și aplicațiile ei în construcția mașinilor.* Editura tehnică, 1958.

[4] Den Hartog, J. P. *Vibrations mécaniques.* Dunod, Paris, ed. a II-a, 1960.

[5] * * * *Prescripțiile de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice (PET) 1960.*

ENERGETICA *peste hotare*

Dezvoltarea energeticii în R.S.F. Iugoslavia

Ing. **A. Cogălniceanu**

Sursele de energie

Cărbunele

Cercetările efectuate în special după cel de-al doilea război mondial au permis să se stabilească resursele cantitative și calitative de cărbuni ale țării (tabela 1).

Tabela 1

	Rezerve geologice, 10^6 t	Cotă din totalul rezervelor, %	Rezerve exploatabile, 10^6 t	% din rezervele exploatabile	Puterea calorică inferioară, kcal/kg
Huilă	210	0,75	200	0,9	4 500–7 000
Cărbune brun	2 570	9,23	1 900	8,9	3 500–5 000
Lignit	25 100	90,02	19 200	90,2	2 000–3 500
Total	27 880	100,0	21 300	100,0	–

O parte din zăcămintele de cărbuni, încă insuficient studiate, nu au fost prinse în balanță, astfel încît rezervele geologice sînt în realitate mai mari decît cele arătate în tabelă.

Rezervele cele mai importante de cărbuni sînt constituite de lignit, care prezintă, în condiții naturale, o umiditate de 35–50% și un conținut de cenușă de numai 6–12%. Cărbunele brun are umiditatea de 10–30% și conținutul de cenușă de 8–20%.

Lignitul se găsește în partea de est, în centru și în nord-vestul țării, în zăcăminte bogate și în cea mai mare parte la suprafață. Din această cauză, în ceea ce privește costul, lignitul poate concura cu sorturile superioare de cărbune.

Deși rezervele de cărbune raportate pe locuitor sînt inferioare cifrelor medii mondiale și cărbunele este în majoritate de calitate inferioară, el constituie totuși o bază energetică însemnată.

Producția de cărbune a crescut continuu, dublîndu-se în ultimii zece ani (tabela 2).

Țițeiul și gazele naturale

Exploatarea industrială a țițeiului a început în R.S.F. Iugoslavia abia în 1941. Pe baza cercetărilor sistematice efectuate după război, extracția țițeiului a crescut continuu (tabela 2), fără a acoperi însă necesitățile consumului intern.

Tabela 2

Anul	1920	1930	1940	1946	1950	1955	1960	1961
Producţia de cărbune, 10^3t/an	2 896	5 267	7 270	6 652	12 819	15 208	22 725	24 060
Producţia de ţiţei, 10^3t/an	–	–	–	36	110	257	944	1 340

În prezent, ţiţeiul se extrage în partea de nord a ţării, în Slovenia şi Croaţia, dar se efectuează cercetări și în Bosnia, Herţegovina, Serbia și Muntenegru.

Cercetările pentru descoperirea zăcămintelor de gaze naturale au condus la stabilirea unor resurse destul de importante în partea de nord a ţării (Serbia, Croaţia şi Slovenia). Cu toate că extracţia este relativ redusă (sub 100 milioane m^3/an), se aşteaptă în viitor o creştere continuă a utilizării gazelor naturale.

Resursele hidroenergetice

Resursele hidroenergetice constituie principala bogăţie energetică a R. S. F. Iugoslavia, și lucrările efectuate în perioada 1949–1954 au permis determinarea lor.

În tabela 3 sînt indicate diferitele categorii ale potenţialului hidroenergetic al ţării în anul mediu.

Tabela 3

Felul potenţialului hidroenergetic	TWh/an	kWh/m^2
Teoretic de suprafaţă de precipitaţii	385	1,5
Teoretic de suprafaţă de scurgere	212	0,83
Teoretic liniar	110	0,43
Tehnic amenajabil	89	0,36
Economic amenajabil	66,6	0,26

În privinţa resurselor hidroenergetice, indicii specifici ridicaţi situează R. S. F. Iugoslavia pe unul din primele locuri din Europa.

Cursurile de apă ale ţării fac parte din trei bazine principale : Marea Neagră (Dunărea), Marea Adriatică şi Marea Egee. Din stocul total de apă, 71% revine bazinului Mării Negre, 20% bazinului Mării Adriatice și 9% Mării Egee.

Potenţialul hidroenergetic al principalelor cursuri de apă este redat în tabela 4.

Tabela 4

Denumirea cursului de apă	Potenţialul tehnic amenajabil, TWh/an	Date orientative asupra posibilităţilor de amenajare de UHE economice	
		TWh/an	MW
a) *Bazinul Mării Negre* (S = 177 605 km^2)			
Sava	7,96	4,00	816
Drava	7,30	6,20	1 400
Kupa	2,47	2,00	600
Una	2,36	2,00	540
Vrbas	2,74	2,20	546
Bosna	3,94	3,30	970
Drina	15,15	11,90	2 470
Morava	5,15	4,00	1 310
Timok	0,74	0,55	175
Dunărea	11,34	6,60	1 400
Alte rîuri	0,79	0,45	154
Total	59,94	43,20	10,381
b) *Bazinul Mării Adriatice* (S = 55 280 km^2)			
Soca	2,21	1,90	633
Lika și Gauka	1,52	1,00	192
Krca și Zrmalia	1,01	0,75	180
Cetina	4,70	3,90	756
Neretva cu Trebisnjica	8,36	6,90	1 935
Marasa cu Cetoi	2,78	2,20	515
Drimul Alb și Negru	2,38	1,90	443
Alte rîuri	–	0,70	253
Total	24,04	19,25	4 907
c) *Bazinul Mării Egee* (S = 23 965 km^2)			
Dragovistica	0,12	0,08	19
Strumica	0,11	0,05	21
Vardar	5,07	4,00	1 180
Total	5,30	4,13	1 320
Total general	89,28	66,48	16 508

Condiţiile hidrologice şi topografice sînt deosebit de favorabile în bazinele rîurilor care izvorăsc din Munţii Dinarici, la care debitele maxime apar iarna şi primăvara, în perioada de sarcină maximă a sistemului energetic, iar la distanţă de 70–100 km de ţărmul mări cotele se ridică pînă la 2 000 m, ceea ce permite obţinerea unor căderi însemnate.

Cursurile de apă care izvorăsc din Alpi se caracterizează prin debite mari vara, astfel încît este avantajoasă exploatarea în paralel a uzinelor hidroelectrice (UHE) cu cele două regimuri hidrologice caracteristice cu debite maxime iarna, respectiv vara.

Variaţiile mari ale debitelor în timpul anului impun realizarea de lacuri de acumulare importante, pentru a căror executare există condiţii favorabile.

Dezvoltarea energeticii în R.S.F. Iugoslavia

Situaţia energetică a R. S. F. Iugoslavia înainte de eliberare se caracteriza printr-o slabă utilizare a resurselor sale bogate de energie. Cîteva mine de cărbuni, întreprinderi comunale de gaze şi centrale electrice, reduse ca număr şi putere (3–30 MW), la diferite frecvenţe şi tensiuni, nu puteau asigura o dezvoltare economică corespunzătoare a ţării. Exista o singură linie electrică de transport de 80 kV în Slovenia, în celelalte regiuni tensiunea maximă fiind limitată la 35 kV.

În timpul războiului, o mare parte a minelor de cărbuni, a centralelor şi liniilor electrice au fost distruse, ceea ce a necesitat ulterior eforturi însemnate pentru reconstrucţia şi dezvoltarea lor.

Lucrările intense efectuate pentru cunoaşterea resurselor energetice au servit ca bază la elaborarea planului de electrificare a ţării, care a fost stabilit pe baza necesităţilor legate de industrializarea rapidă a ţării şi de utilizarea largă a energiei electrice în economie și în viaţa de toate zilele. Datorită posibilităţilor de realizare de uzine hidroelectrice economice, planul de electrificare a R. S. F. Iugoslave s-a bazat pe construcţia de mari UHE.

Realizarea acestui plan a cerut investiţii mari, care au reprezentat, în ultimii ani, 7–13% din investiţiile totale în economia naţională, sau circa 21% din investiţiile totale în industrie.

Producţia de energie electrică şi putere instalată în diferiţi ani este arătată în tabela 5.

Tabela 5

Anul	Producţia de energie electrică, GWh/an			Puterea instalată, MW		
	UHE	CTE	Total	UHE	CTE	Total
1920	240	160	400	..	..	..
1930	280	485	765	..	..	..
1940	520	630	1 150	194*	276*	470*
1946	478	672	1 150	236	300	536
1950	1 175	1 233	2 408	271	358	629
1955	2 400	1 800	4 200	664	425	1 089
1957	3 552	2 730	6 252	949	726	1 675
1958	4 300	3 056	7 356	1 060	738	1 798
1959	4 708	3 398	8 106	1 134	744	1 878
1960	5 984	2 944	8 928	1 414	996	2 410
1961	5 658	4 266	9 924	1 540	1 028	2 568
1962	6 850	3 888	10 738	..	..	..

.. lipsă date.
* anul 1939.

În structura energetică a ţării a crescut continuu rolul UHE. Astfel, ponderea acestora în producţia de energie electrică a crescut de la 45% în 1940, la 64% în 1962, iar puterea lor instalată de la 41,3% în 1939, la 60% în 1961. Ritmul de creştere a producţiei de energie electrică a fost rapid, înregistrîndu-se o dublare a acestuia în circa 5 ani. Este de remarcat că puterea instalată şi producţia de energie electrică au crescut aproximativ în acelaşi ritm.

În R. S. F. Iugoslavia s-a realizat un sistem energetic național prin interconectarea sistemelor energetice regionale. La început s-au interconectat sistemele energetice ale Sloveniei și Croației de nord, la care s-au racordat apoi cele ale Bosniei și Dalmației, și în continuare cele ale Serbiei și Voevodinei. Încheierea formării sistemului energetic unic la tensiunea de 110 kV se consideră că s-a realizat la 22 decembrie 1957, o dată cu darea în funcțiune a liniei UHE Jajce — Zagreb.

Lungimea liniilor de 110 kV a crescut continuu, de la 3 361 km în 1956 la 5 309 km în 1960. În ultimii ani s-a trecut și la construirea unor linii de 220 kV. Prima linie la această tensiune a legat UHE Bistrica cu Belgradul. În 1962 s-a dat în funcțiune linia de 220 kV de la UHE Split la Mraclin (353 km).

În prezent, sistemul energetic al R. S. F. Iugoslavia este interconectat prin linii de 110 kV cu sistemele energetice ale Italiei, Austriei și Bulgariei, prin linii de 120 kV cu Ungaria și prin linii de 150 kV cu Grecia. Schimburile de energie electrică au fost relativ reduse, importul fiind nul în 1962, iar exportul ridicîndu-se la 120 GWh. Balanța consumului net de energie electrică în 1960 are structura indicată mai jos:

	GWh	%
Consum industrial total	5 245	71,5
din care:		
— siderurgie	803	
— construcții mecanice și electrice	473	
— industria metalelor neferoase	1 183	
— chimie	780	
— industria minieră	431	
Transport	90	1,2
din care:		
— transport feroviar	34	
Consum casnic și neindustrial	1 995	27,3
din care:		
— consum casnic	1 271	
— agricultură	44	
Consum total	7 330	100

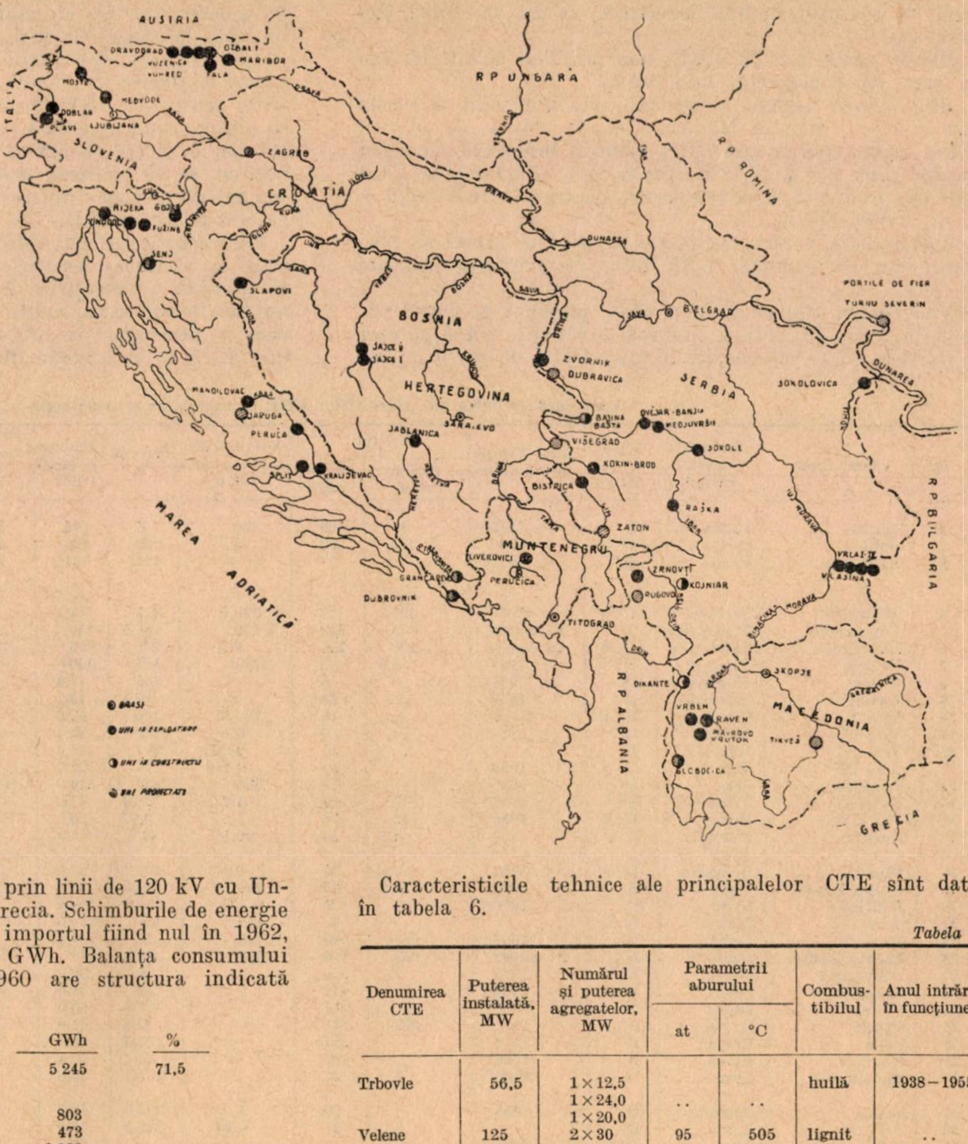

AUSTRIA
RP UNGARIA
RP ROMINA
ITALIA
SLOVENIA
CROATIA
BOSNIA
HERTEGOVINA
SERBIA
MUNTENEGRU
MACEDONIA
RP BULGARIA
RP ALBANIA
GRECIA
MAREA ADRIATICA
DRAVOGRAD
MARIBOR
MEDVODE
DOBLAR
LJUBLJANA
ZAGREB
RIJEKA
SENJ
SLAPOVI
MANOJLOVAC
PERUČA
KRALJEVAC
JAJCE
JABLANICA
BELGRAD
PORȚILE DE FIER
TURNU SEVERIN
ZVORNIK
DUBRAVICA
SOKOLOVICA
VIŠEGRAD
BAJINA BAȘTA
KOKIN BROD
BISTRICA
ZATON
RAȘKA
VRLA
LIVEROVICI
PERUCICA
DUBROVNIK
TITOGRAD
DUBROVNIK
ZRNOVIT
KOJNIAR
SKOPJE
DIKANTE
VRBEN
RAVEN
MAVROVO
TIKVEȘ
GLOBOCICA
DUNAREA
SAVA
DRAVA
UHE în exploatare
UHE în construcție
UHE proiectate

Fig. 1. Repartiția teritorială a principalelor UHE în R.S.F.Iugoslavia.

Consumul pe locuitor a crescut de la 72 kWh în 1939 la circa 560 kWh în 1961, adică de circa 7,7 ori. Din 1951 pînă în 1961, consumul industrial s-a mărit de 3,8 ori, iar cel casnic de 5,8 ori. La un vîrf de 1 330 MW înregistrat în 1960, puterea instalată în centrale a fost de 2 410 MW, adică de 1,81 ori mai mare.

Dezvoltarea centralelor termoelectrice

În 1961, din totalul puterii CTE de 1 028 MW, centralelor publice le reveneau 786 MW, iar celor industriale 242 MW.

În general, centralele se construiesc în apropierea zăcămintelor de cărbuni. În construcția CTE se constată tendința de concentrare a puterii în centrale și agregate mari, cu parametrii aburului ridicați. De la agregate de 15—20 MW, care se instalau în perioada 1945—1950, s-a trecut la grupuri de 32, 65 și 75 MW.

Caracteristicile tehnice ale principalelor CTE sînt date în tabela 6.

Tabela 6

Denumirea CTE	Puterea instalată, MW	Numărul și puterea agregatelor, MW	Parametrii aburului		Combustibilul	Anul intrării în funcțiune
			at	°C		
Trbovle	56,5	1×12,5			huilă	1938—1955
		1×24,0	..	..		
		1×20,0				
Velene	125	2×30	95	505	lignit	..
		1×65	100	525		
		2×32	95	505	lignit	1956—1960
Sostan	140	1×75				
Kolubara	128	4×32	71	530	lignit	1956—1961
Kakanj	128	4×32	71	520	huilă	1956—1961
Kosovo I	64	2×32	90	515	lignit	1962

O atenție din ce în ce mai mare se acordă termoficării urbane, în prezent fiind în construcție CET Zagreb, de 128 MW, și CET Belgrad, de 192 MW. În 1962, consumul specific mediu de căldură a fost de 4 120 kcal/kWh livrată de CTE.

Dezvoltarea hidroenergeticii

Construirea de UHE a început în R. S. F. Iugoslavia de multă vreme. Astfel, în 1906, pe rîul Krka s-a construit UHE Manoilovac, de 18 MW (ulterior reconstruită), în 1912 UHE Kraljevac, de 64 MW, pe rîul Cetina, ş.a.

Construirea UHE este legată în multe cazuri de folosirea complexă a apelor. Execuţia acestora se face uneori în condiţii naturale dificile, în special în zonele calcaroase.

Puterea unitară a UHE a crescut continuu. Dacă pînă în 1955 puterea maximă nu depăşea 80 MW, ulterior s-au dat în exploatare UHE Jablanica (144 MW, în 1955), Vrutok (150 MW, în 1957). Peručica (216 MW, în 1959) şi Split (425 MW, în 1962).

Datele caracteristice ale principalelor UHE în exploatare şi construcţie sînt date în tabela 7, iar distribuţia lor teritorială în figura 1.

În regiunile de nord s-au realizat în special UHE de tip baraj pe cursurile de apă importante, ca Drava, Drina, Morava ş.a.

Dintre cascadele de UHE caracteristice construite sau în curs de construcţie menţionăm:

Rîul Drava, afluent al Dunării, este amenajat pe cursul său superior, pînă la Maribor. Căderea totală, de 86,9 m, a fost amenajată în şase UHE, toate în funcţiune, cu căderi variind între 9,0 şi 17,42 m. Puterea lor totală este de 270,4 MW, iar producţia anuală de energie electrică în anul mediu — — de 1 600 GWh.

Caracteristic pentru aceste amenajări este faptul că cinci dintre ele, cu excepţia UHE Fala, au grupurile instalate în pile.

Rîul Drina, afluent al rîului Sava, prezintă pe cursul său mijlociu, între Zvornik şi Višegrad, o cădere de 155 m, care se prevede să fie amenajată în patru UHE de tip baraj, cu căderi între 19 şi 67 m. În prezent este în funcţiune treapta aval, UHE Zvornik, şi se găseşte în construcţie UHE Bajina-Bašta.

UHE Zvornik ($P_i = 84$ MW, $E = 406$ GWh/an) are căderea cea mai mică dintre toate amenajările prevăzute pe cursul mijlociu al Drinei (19 m). Debitul mediu al rîului este de 385 m³/s, iar cel instalat de 540 m³/s. În centrală sînt instalate patru agregate. Caracteristic pentru această UHE este existenţa a două centrale, pe cele două maluri ale rîului care constituie frontiera între Serbia şi Bosnia.

UHE Bajina-Bašta ($P_i = 336$ MW, $E = 1\,669$ GWh/an), de tipul uzină baraj, este în construcţie. Barajul de beton de tip evidat are înălţimea de 90 m, realizînd o cădere de 66 m. Volumul barajului este de 963 000 m³/beton.

Caracteristice pentru hidroenergetica R. S. F. Iugoslavia sînt însă uzinele de derivaţie, construite în zonele muntoase, pe cursurile de apă cu potenţial ridicat. UHE de derivaţie se caracterizează prin scheme complexe de amenajare, în vederea utilizării cît mai complete a debitelor cursurilor de apă, la căderi cît mai mari.

În acest scop, deşi condiţiile naturale au permis în unele cazuri obţinerea de căderi importante cu lungimi de derivaţie scurte (la UHE Peručica, cu o derivaţie de 3,6 km, se obţine o cădere de 554 m, la UHE Vrutok cu circa 7 km galerie, o cădere de 525 m etc.), în anumite cazuri a fost necesar să se realizeze galerii lungi (UHE Senj — 33,700 km galerie prentru o cădere de 433 m, UHE Gojak — 9,4 km galerie pentru o cădere de 135 m etc.).

Caracteristic pentru hidroenergetica R. S F. Iugoslavia este, de asemenea, execuţia uzinelor în zone carstice, ceea ce necesită o cunoaştere detaliată a circulaţiei apelor subterane. De asemenea, multe din centralele uzinelor hidroelectrice se construiesc în subteran, în prezent fiind în exploatare 14 şi în construcţie două asemenea amenajări.

Date caracteristice ale principalelor UHE în exploatare şi construcţie

Tabela 7

Nr. crt.	Denumirea	Denumirea cursului de apă	Tipul amenajării²)	Anul intrării în funcţiune	Debitul		Volumul util al acumulării, 10⁶ m³	Căderea, m	Puterea instalată MW	Producţia de energie electrică, GWh/an	Durata de utilizare a puterii instalate, h/an	Observaţii
					mediu, m³/s	instalat m³/s						
1	Peruca	Cetina	B	1959	43	120	500	55	44	190	2 725	
2	Split	Cetina	D; S	1962	110	200	3,0	272	425	425	4 750	
3	Kraljevac	Cetina	D	1912*	—	—	—	110	64	167**	2 500	* Ulterior reconstruită ** Sezonier
4	Jablanica	Neretva	D; S	1955	121	177	290,0	111	144	714	4 950	
5	Grancarevo	Trebisnjica	B	în constr.	86	210	1 100	86,5	160	500	3 120	
6	Dubrovnik	Trebisnjica	D; S	în constr.	100	180	9,3	272	416	1 926	4 625	
7	Vrutok	Mavrovo	D; S	1957	8,0	32	274,0	525	150	320	2 130	
8	Vrben	Mavrovo	D	1959	..	8	—	185	14,4	47	3 250	
9	Raven	Mavrovo	D	1959	..	32	—	70,5	19,2	40	2 080	
10	Vrla I	Vlasina	D; S	1955	..	16	165,0	343	48,0	40	835	
11	Vrla II	Vlasina	D	..	..	16	0,1	180	22,4	25	1 120	
12	Vrla III	Vlasina	D	..	..	16	0,032	206	26,0	42	1 620	
13	Vrla IV	Vlasina	D	1958	..	16	0,110*	171	22,8	43	1 900	* Pe canal
14	Perucica	Zeta	D	1959	..	51	300	554	216,0	1 100	5 100	
15	Jajce I	Vrbas	D; S	1957	44	60,8	4,2	98,0	48,0	233	4 850	
16	Jajce II	Vrbas	D; S	1955	72	76	1,4	49,0	30,0	197	6 550	
17	Fuzine	Lokvarka	D;	..	2,1	10	36,5	43,9	3,9*	6,6	1 700	* Agregat de pompaj
18	Vinodol	Lokvarka	D; S	1952	3,85	15	1,2	658,0	84,0	183,0	2 180	
19	Kokin Brod	Uvac	B	1959	13,5	42	220	56,0	25,0	45,0	1 800	
20	Bistrica	Uvac	D	1959	..	36	4,0	321,0	102,0	350,0	3 430	
21	Senj	Lika	D; S	..	..	70	155	433	240,0	1 250,0	5 200	
22	Zvornik	Drina	B	1954	385	540	23	19	84,0	406	4 850	
23	Bajina Basta	Drina	B	în constr.	355	450	218	66,0	336	1 669	5 000	
24	Dravograd	Drava	B	1943	..	300	—	9,0	22,0	158,0	7 180	
25	Vuzenica	Drava	B	1954	..	411	—	13,7	48,0	282,0	5 870	
26	Vuhred	Drava	B	1956	..	411	—	17,4	60,0	370,0	6 150	
27	Ozbalt	Drava	B	1906	305	411	—	17,4	60,0	351,0	5 850	
28	Falla	Drava	B	1918	..	357	—	14,6	34,8	220,0	6 330	
29	Maribor	Drava	B	1948	..	357	—	14,7	50,4	325,0	6 450	
30	Manoilovac	Krka	D	1906*	..	24	..	105,0	26,0	120,0	4 600	* Ulterior reconstruită
31	Gojak	Mreznița	D	1958	..	50	4,0	135,0	48,0	191,0	4 000	
32	Rijeka	Recna	D	..	..	21	0,64	225,0	36,0	150,0	4 170	
33	Doblar	Soca	D; S	1939	..	..	..	..	33,0	230,0	7 000	
34	Plave	Soca	D; S	1940	..	..	..	..	20,0	145,0	7 250	
35	Moste	Sava	D	..	..	..	..	..	33,5	75,0	2 240	
36	Medvode	Sava	D	..	..	115	..	19,0	18	95,0	5 275	
37	Ovcar Banja	Morava	D; S	1955	43,5	40	..	22,0	6,9	36,8	5 330	
38	Medjuvrsie	Morava	B; S	1955	..	40	..	22,0	6,9	40,6	5 900	
39	Ras	Raska	D; S	1955	..	4,5	—	163,0	5,8	18,0	3 100	
40	Slapovi	Una	D	..	..	64,0	..	12,5	6,4	38,0	5 950	
41	Globocica	Drim	D	în constr.	34	50,0	12*	108,0	42,0	250	5 950	* La care se adaugă volumul lacului natural

¹) D–UHE de tip derivație; B–UHE de tip baraj; S–centrală subterană.

În construcția barajelor se remarcă tendința de a înlocui barajele de beton de greutate cu baraje în arc și evidate. Printre barajele în arc se menționează barajele Jablanica de 85 m, Moste de 50 m, Liverović de 45 m și în construcție Grančarevo de 118 m înălțime.

S-au construit și se află în construcție o serie de baraje pe pămînt (Mavrovo de 61 m, Vrla I de 31,5 m înălțime) și din anrocamente (Peruča de 63 m, Kokin Brod de 83 m înălțime) ș.a.

Mai jos se indică unele scheme caracteristice de amenajare a unor cursuri de apă.

Fluviul Cetina, prin caracteristicile sale topografice și hidrologice excepțional de favorabile, permite construirea de UHE foarte economice. Schema de amenajare cuprinde în principal următoarele soluții (fig. 2):

Pe cursul superior al rîului s-a realizat uzina baraj Peruča ($P_i = 44$ MW, $E = 190$ GWh/an), care realizează o acumulare cu un volum util de 500 mil. m^3. Barajul de anrocamente, cu înălțimea maximă de 63 m, a necesitat 640 000 m^3 anrocamente, 30 000 m^3 filtre și 120 000 m^3 sîmbure de argilă.

Pe cursul inferior al fluviului s-a executat UHE Split, cea mai mare și economică amenajare din R. S. F. Iugoslavia ($P_i = 425$ MW, $E = 2\,020$ GWh/an). Cu un baraj de beton de 35 m înălțime s-a realizat o acumulare pentru regularizarea zilnică a debitelor cu un volum util de 3 mil.m^3. Două galerii sub presiune, cu diametrul de 6,10 m, în lungime de 9 650 m, construite paralel la o distanță de 450 m, conduc apa la castele de echilibru, de construcție specială. Cele patru conducte forțate, cu diametrul de 3,5 m, sînt amplasate în galerii verticale separate. Centrala subterană este echipată cu patru agregate cu puterea unitară de 106,3 MW. Galeria de fugă are lungimea de 287 m, lățimea de 9 m și înălțimea de circa 11 m.

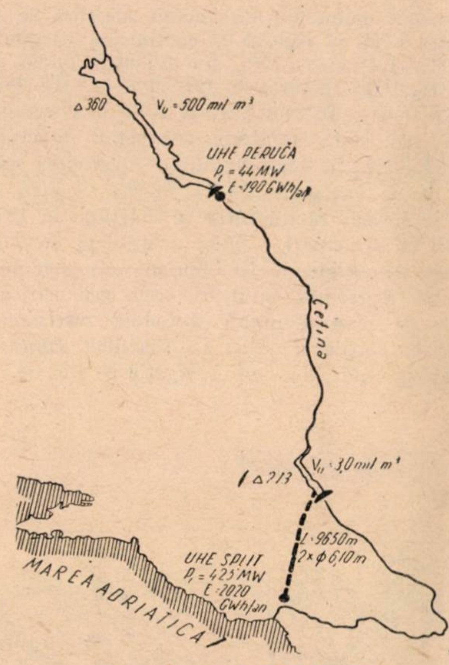


Fig. 2. Amenajarea fluviului Cetina.

În 1962 s-au dat în funcțiune două agregate.

În etapa următoare se prevede devierea în bazinul Cetinei a unor cursuri de apă vecine. În cazul în care va fi necesară o cantitate mare de energie de iarnă, se va realiza acumularea Buško Blato, cu un volum de 690 milioane m^3. care va permite o compensare absolută a puterilor sistemului energetic al fluviului Cetina.

Pe *fluviul Trebišnjica*, cel mai mare fluviu subteran din lume, se află în construcție UHE Grančarevo (și UHE Dubrovnik (fig. 3). În perioada de ape mari (iarna), fluviul se revarsă, formînd un lac lung de 60 km, lat de 5–10 km și adînc pînă la 30 m. Din această cauză, pe lîngă utilizarea energetică a rîului, se prevede și realizarea unor importante lucrări de hidroameliorații.

Prima amenajare, *UHE Grančarevo* ($P_i = 160$ MW, $E = 500$ GWh/an), de tip baraj, va realiza o acumulare cu un volum util de 1 100 milioane m^3. Barajul de beton, înalt de 118 m, va avea un volum de circa 360 000 m^3.

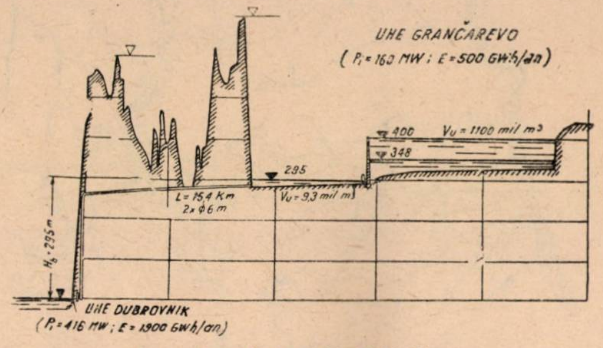


Fig. 3. Amenajarea rîului Trebisnjica.

În aval de această uzină, se realizează *barajul Gorica al UHE Dubrovnik* ($P_i = 416$ MW, $E = 1\,900$ GWh/an), înalt de 32 m, care realizează un lac cu volumul util de 9,3 milioane m^3. Două galerii de aducțiune, lungi de 15,4 km, cu diametrul de 6,0 m, trec prin calcare jurasice și dolomite. În zona Mokro-Polje, ele ies la suprafață, aducțiunea fiind formată din două conducte metalice în lungime de 1,17 km și cu diametrul de 5,4 m.

Apa este adusă la centrala subterană prin puțuri forțate verticale.

Galeria de fugă are lungimea de 450 m și diametrul de 9,7 m.

Pe *rîul Neretva* se prevede utilizarea căderii disponibile de circa 1 050 m prin construirea a 14 UHE cu o putere totală instalată de 930 MW și o producție de energie electrică de circa 4 000 GWh/an. Din 1955 este în funcțiune, pe acest rîu, UHE Jablanica ($P_i = 144$ MW, $E = 714$ GWh/an). Un baraj în arc de 80 m înălțime realizează o acumulare cu un volum util de 290 milioane m^3.

Derivația, formată din două galerii lungi de cîte 2,0 km, cu diametrul de 5,0 m, conduce apa la centrala subterană, echipată cu șase agregate de cîte 24 MW.

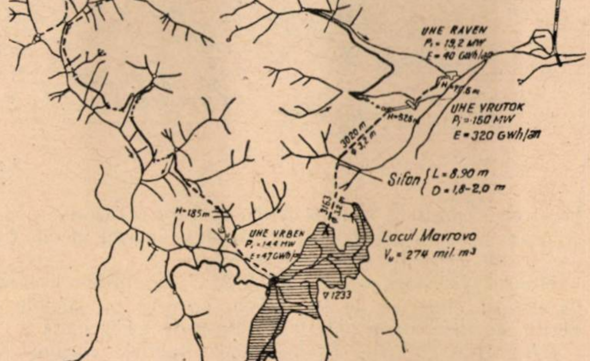


Fig. 4. Cascada Mavrovo.

Cascada de UHE *Mavrovo* (fig. 4) are ca obiect principal acumularea Mavrovo (volum util de 274 milioane m^3), realizată cu un baraj de pămînt înalt de 61 m și un volum total de umplutură de 705 000 m^3. Prin captarea unor cursuri de apă din bazinul vecin s-a urmărit concentrarea debitelor în lacul Mavrovo. Întregul sistem a necesitat realizarea a 22 km galerii cu diametre de 2,2–3,4 m şi 32 km canale. Aceste captări secundare, fiind situate la o cotă mai ridicată decît nivelul lacului Mavrovo, căderea disponibilă de 185 m a fost utilizată în UHE Vrben ($P_i = 14,4$ MW, $E = 47$ GWh/an). Din lacul Mavrovo, apa este utilizată de UHE Vrutok ($P_i = 150$ MW, $E = 320$ GWh/an) şi în continuare de UHE Raven ($P_i = 19,2$ MW, $E = 40$ GWh/an). În afară de obţinerea unei producţii de energie de 400 GWh/an, realizarea acestui sistem a permis irigarea a 35 000 ha.

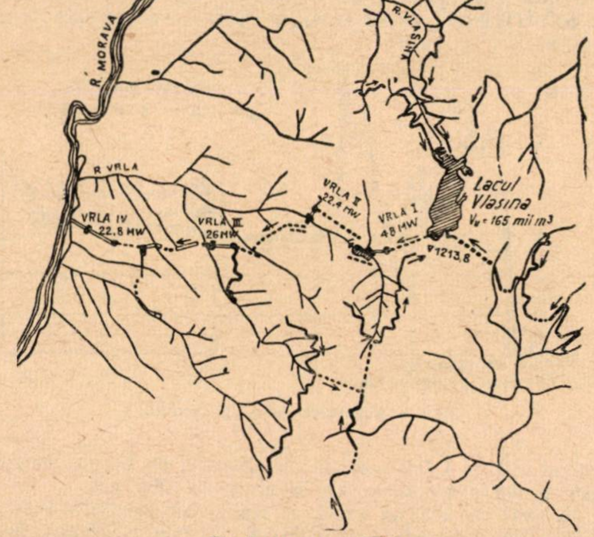


Fig. 5. Amenajarea Vlasina.

Cascada de UHE Vlasina (fig. 5) utilizează căderea de 885 m dintre rîurile Vlasina şi Morava, prin trecerea debitelor rîului Vlasina în bazinul rîului Vrla, afluent al Moravei. Debitele rîurilor Vlasina, Vrla şi afluenţilor lor sînt utilizate în patru trepte (UHE Vrla I–IV).

În partea superioară a cascadei s-a amenajat o acumulare cu un volum util de 165 milioane m³, cu ajutorul unui baraj de pămînt de 31,5 m înălţime. Prin realizarea a 58 km aducţiuni secundare (galerii şi canale), debitul mediu creşte de la 0,9 m³/s la circa 2,0 m³/s.

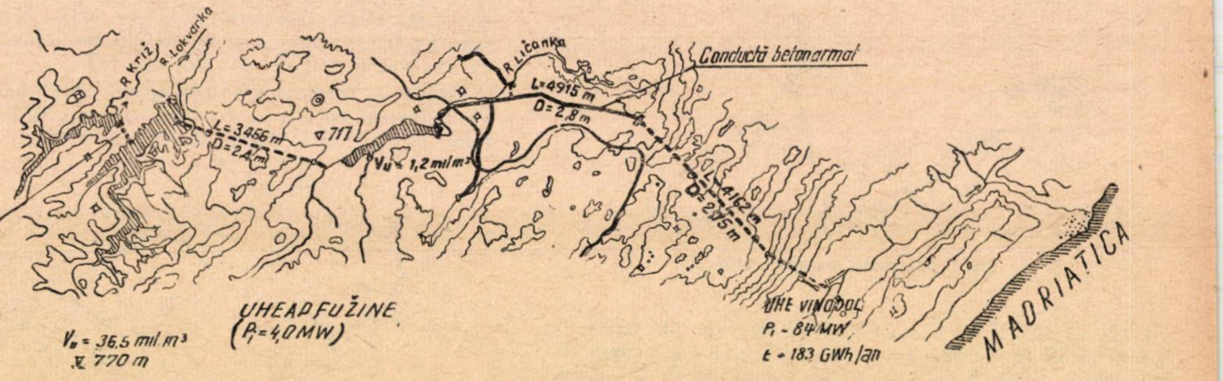


Fig. 6. UHE Vinodol.

Puterea cascadei este de 119,2 MW, iar producţia anuală de energie electrică de 150 GWh, ceea ce corespunde unei durate de utilizare a puterii instalate de 1 250 h/an.

UHE Vinodol (fig. 6) utilizează debitele rîurilor Križ, Lokvarka şi Ličanka, pe care s-au construit trei baraje:

Rîul	Tipul barajului	Înălţimea, m	Volumul barajului, m³	Volumul lacului, 10⁶ m³
Kriz	Anrocamente	34,0	400 000	–
Lokvarka	Anrocamente	51,5	600 000	36,5
Licanka	Beton greutate	10,6	7 000	1,2

Lacurile de pe rîul Križ şi Lokvarka sînt unite cu o galerie de 510 m şi diametrul de 2,0 m. Tunelul Lokvarka – Ličanka are 3 456 m lungime şi diametrul de 2,4 m, apa fiind utilizată în UHE Fužine, echipată cu un agregat de pompaj de 3,9 MW. În timpul apelor mari, pe rîul Ličanka, apa acestuia este pompată în lacul Lokvarka. De la lacul Ličanka începe derivaţia UHE Vinodol ($P_i = 84$ MW, $E = 183$ GWh/an), mai întîi cu o galerie de 200 m, cu diametrul de 2,8 m, care se continuă apoi cu o conductă de beton armat de 4 915 m lungime şi cu acelaşi diametru. Urmează o galerie de 4 162 m lungime şi cu 2,75 m diametru, de unde apa este condusă printr-un puţ forţat, de 1 189 m lungime, la centrala subterană, echipată cu trei turbine Pelton de cîte 28 MW.

Apa este evacuată printr-o galerie de fugă de 449 m şi un canal de fugă de 600 m lungime.

Dezvoltarea în perspectivă a energeticii în R. S. F. Iugoslavia

În perspectivă se prevede creşterea în continuare a producţiei de energie electrică, dar într-un ritm mai puţin rapid ca pînă în prezent, după cum se constată din datele tabelei 8.

În structura producţiei de energie electrică se prevede ca ponderea UHE să crească în continuare, atingînd în perioada 1967–1970 circa 70% din producţia totală de energie electrică. După intrarea în funcţiune a UHE Porţile de Fier de pe Dunăre, în anii 1970 şi 1971, ponderea UHE va creşte şi mai mult. Conform convenţiei încheiate între R.P.R. şi R.S.F.I., în acest an începe construirea sistemului energetic şi de navigaţie de la Porţile de Fier. Primele agregate se prevede că vor intra în funcţiune în 1970. Prin parametrii săi principali – puterea instalată de 2 000 MW şi producţia de energie de 10 TWh/an – sistemul de la Porţile de Fier reprezintă unul din cele mai mari obiective energetice pe plan mondial. Totodată realizarea sistemului de la Porţile de Fier va contribui substanţial la îmbunătăţirea condiţiilor de navigaţie pe Dunăre.

Tabela 8

Anul	Producţia de energie electrică, TWh	Puterea instalată, MW
1965	15,7	2 800
1970	28,4	4 800
1975	47,6	8 000

Se va continua de asemenea construirea de noi CTE. După darea în exploatare a tuturor CTE care sînt în prezent în curs de construcţie, puterea lor instalată se va ridica la circa 1 400 MW în 1966.

În paralel cu creşterea de centrale se va continua dezvoltarea reţelelor electrice de înaltă tensiune, punîndu-se un accent deosebit pe încheierea reţelei de 220 kV.

Bibliografie

[1] Miličevič, C. *Bisherige Entwicklung und weitere Möglichkeiten der Energiewirtschaft in Jugoslawien.* Fünfte Weltkraftkonferenz, Wien, 1956 (A/32).

[2] * * * *Saopštenja sa Četvrtog savetovanja stručnjaka Jugoslavije o visokim branama.* Beograd, 1958.

[3] * * * *Hidroelektrana „Split"* – prospect „Elektro-projekt" – Zagreb.

[4] * * * Wasserwirtschaft, nr. 11, 1959.

[5] Sokolov. *Gidroelectrostanţii Iugoslavii.* Gosenergoizdat, 1959.

[6] * * * Energohozeaistvo za rubejom nr. 4, 1957; nr. 6, 1962.

---

recenzii

E. I. SOKOLOV

Termoficare şi reţele termice. Gosenergoizdat, Moscova, 1963.

A trei ediţie, substanţial revăzută şi completată, a cărţii profesorului sovietic E. I. Sokolov „Reţele termice", apărută în Editura energetică de stat din U.R.S.S., sub denumirea de „Termoficare şi reţele termice", constituie un valoros manual pentru facultăţile şi institutele energetice, aprobat de Ministerul Învăţămîntului Superior şi Mediu de Specialitate din Uniunea Sovietică.

Prelucrînd cartea sa „Reţele termice" pentru reeditare, prof. Sokolov a avut în vedere, în primul rînd, saltul calitativ marcat în teoria şi practica proiectării, construcţiei şi exploatării reţelelor termice şi instalaţiilor de termoficare în perioada din 1956, cînd a apărut ediţia a doua, şi pînă în prezent. În acest interval s-a dezvoltat substanţial procedeul de producere combinată de căldură şi energie electrică, atît în energetica sovietică cît şi în alte ţări.

Astfel a crescut scara geografică de extindere şi introducere a termoficării, s-au introdus în practică grupuri de termoficare de mare putere şi la parametri înalţi, au fost date în exploatare primele turbine cu gaze de termoficare, au fost concepute şi realizate puternice cazane de vîrf.

S-a realizat practic funcţionarea în paralel a mai multor surse de alimentare cu căldură, a crescut raza de transport a agentului termic, au apărut în unele oraşe reţele circulare. În ultimii zece ani a crescut substanţial cota de consum de apă în scopuri menajere şi igienico-sanitare, s-a accentuat în cea mai mare măsură apa fierbinte ca agent termic.

Aceste schimbări, cantitative şi calitative, au necesitat modificarea şi dezvoltarea în continuare a sistemelor de alimentare cu căldură, a metodelor de reglare a livrării căldurii, a principiilor de automatizare, a metodelor de calcul al reţelelor de termoficare şi consumatorilor de căldură.

S-au adoptat metode noi în construcţia reţelelor de termoficare, menite să reducă preţul de cost al acestora şi consumul de materiale şi să micşoreze termenul de execuţie.

Deosebit de actuală a devenit astăzi problema calculelor comparative tehnico-economice menite să asigure alegerea unei variante de producere şi de alimentare cu căldură şi energie electrică cu cei mai avantajoşi indici tehnico-economici, la nivelul tehnicii mondiale.

Toate aceste elemente noi, apărute în teoria şi practica termoficării, şi-au găsit loc în noua ediţie a cărţii prof. E. I. Sokolov.

Regruparea capitolelor şi modificarea volumului acestora s-au făcut în funcţie de practica din ultimii ani a programelor de curs de la facultăţile şi institutele energetice din U.R.S.S.

În cele ce urmează se dau pe scurt elementele noi care au fost introduse în fiecare capitol în parte:

Introducerea este un istoric la zi al termoficării, în care se arată poziţia acestui procedeu de alimentare cu căldură şi energie electrică în cadrul energeticii U.R.S.S., precum şi perspectivele de dezvoltare pînă în anul 1980. În 1962, de la centralele de termoficare (CET) din U.R.S.S. s-au livrat peste 340 mil. Gcal, din care 190 mil. Gcal pentru termoficare urbană; puterea instalată în CET a fost de 22 GW. Pe baza livrării de căldură, CET au produs 48 TWh. În 1965, livrarea de căldură va creşte la 480 mil. Gcal, iar puterea electrică a turbinelor de termoficare va ajunge la 30 GW, producînd o cantitate de energie electrică de 75 TWh.

Industria sovietică constructoare de turbine livrează în serie turbine de 50 şi 100 MW şi a trecut recent la construcţia unei noi turbine de 250 MW la parametrii aburului viu 240 ata şi 580°C. S-au dat în exploatare turbine de termoficare cu gaze de 25 şi 50 MW. În această parte a cărţii se analizează pe scurt căile de dezvoltare a termoficării în perspectivă.

În capitolul I – „*Eficacitatea energetică a termoficării*" – sînt prezentate elemente noi menite să mărească gradul de precizie în calcule. Astfel, la calcularea cantităţii de energie electrică produsă în regim de termoficare se ţine seamă şi de circuitul regenerativ de la CET. Se expune, de asemenea, metoda de calcul al eficacităţii energetice a turbinelor de termoficare cu gaze.

Deşi ca structură şi volum, capitolul II – „*Consumul de căldură*" – nu se deosebeşte prea mult de cel din ediţia anterioară, totuşi cuprinde unele elemente noi de mare importanţă pentru proiectarea sistemelor de termoficare. Astfel, de exemplu, se dau consideraţii privind caracteristica termică de încălzire a clădirilor construite din ansamble prefabricate, care este cu 30–40% mai mare decît pentru clădiri din cărămidă. Se acordă mare atenţie infiltraţiei de aer rece la calcularea consumului de căldură pentru încălzire şi ventilaţie.

În capitolul III – „*Sisteme de alimentare cu căldură*" – se analizează: schemele termice ale CET, sistemele de alimentare cu căldură în care agentul termic este apa (sistem închis şi deschis), aburul (cu şi fără recuperarea condensatului). Se dau consideraţii privind alegerea sistemului şi a schemei de alimentare cu căldură.

Schimbări esenţiale au fost aduse capitolului IV – „*Regimul livrării de căldură*". Se precizează caracteristicile şi ecuaţiile schimbului de căldură, care reprezintă baza teoretică a acestui capitol. Un loc important se acordă schemelor şi regimurilor de funcţionare în paralel a CET şi a cazanelor de vîrf. După ce se dau ecuaţiile de bază şi criteriile reglării cantitative, calitative şi mixte, se prezintă o nouă grupare a sistemelor de reglare a livrării de căldură: A. Reglarea centrală a sarcinii de căldură pentru scopuri de încălzire şi ventilaţie; B. Reglarea centrală pentru aceeaşi sarcină, inclusiv pentru scopuri menajere şi igienico-sanitare.

Este de remarcat faptul că, în cadrul subcapitolului „Alegerea regimului şi sistemului de reglare", coeficientul de termoficare este prezentat într-o formă foarte succintă şi numai într-o singură ipoteză, şi anume pentru cazul în care este dată sarcina electrică. Această ipoteză reprezintă numai un caz particular al complexului aspect tehnico-economic al termoficării, în care coeficientul de termoficare exprimat sub formă analitică adecvată prezintă deosebit de sugestiv eficacitatea sa economică. Se apreciază că, într-o eventuală nouă ediţie a acestei lucrări, problemei coeficientului de termoficare ar fi indicat să i se acorde un capitol separat în cadrul analizei tehnico-economice a termoficării.

Capitolul V – „*Calculul hidraulic al reţelelor termice*" – prezintă pe larg teoria curgerii fluidelor şi calculului piezometric pentru reţele simple şi complexe de apă fierbinte şi abur.

Sînt precizate şi revăzute unele recomandări pentru proiectarea reţelelor de termoficare. Printre altele se recomandă să se ia în considerare un coeficient de rugozitate de 0,5 mm pentru conductele de apă fierbinte.

„*Regimul hidraulic al reţelelor termice*" formează obiectul capitolului VI. Nou în acest capitol este calculul detaliat al sistemului deschis de alimentare cu căldură, precum şi redistribuirea fluxului de agent termic în reţelele inelare, precum şi în reţelele alimentate din mai multe surse.

În capitolul VII — „*Instalaţiile de termoficare de la CET*" — după ce se prezintă tipurile instalaţiilor, se descriu pe larg şi se dau metodele de calcul, cu exemplificări concrete, pentru boilerele de apă caldă şi abur, transformatoare de abur, termocompresoare etc., precum şi instalaţiile de automatizare a acestora. Se acordă atenţia cuvenită preparării şi epurării chimice a apei de adaos la CET.

Modificări substanţiale au fost aduse capitolului VIII — „*Instalaţiile la racordurile abonaţilor*" —, îndeosebi problemelor funcţionării în paralel a pompelor de condensat de la consumatori care debitează într-un singur colector, metodelor de prevenire a coroziunii conductelor şi a instalaţiilor de alimentare cu apă caldă menajeră la consumatori. Se dau date amănunţite pentru calculul instalaţiilor de la consumator, punîndu-se un accent deosebit pe tratarea „acumulării", precum şi indicaţii concrete privind folosirea diverselor aparate pentru automatizarea racordurilor.

Capitolul IX — „*Instalaţiile şi echipamentul reţelelor termice*" — constă într-o amplă analiză, pe baza experienţei de mulţi ani din domeniul construcţiei şi exploatării reţelelor termice, a sistemelor de aşezare a conductelor, a materialelor folosite în construcţia acestora, date despre calculul conductelor, sistemelor de asamblare, suporţilor, compensatoarelor şi altor instalaţii, care apar pe traseul conductelor de termoficare. La întocmirea acestui capitol s-a avut în vedere posibilitatea realizării unor reţele termice în minimum de timp şi cu eforturi financiare şi umane cît mai reduse. Se dau caracteristicile termice şi mecanice ale unor tipuri noi de izolaţii termice.

În capitolul X — „*Calculul termic*" — este dată metoda calculului termic, pierderile de căldură ale reţelelor de termoficare şi, legat de acestea, coeficientul de eficacitate economică a izolaţiei termice, căderea de temperatură a agentului termic şi formarea de condensat în cazul conductelor de abur. Se aduc corecturi şi precizări calculului căderii de temperatură de-a lungul conductei de abur.

Faţă de ediţia anterioară, care la capitolul XI — „*Exploatarea reţelelor termice*" — trata aspectele privind asigurarea exploatării, regimul de funcţionare şi de reglare a sistemelor de termoficare, metodele de detectare a avariilor şi defecţiunilor, măsurile împotriva coroziunii etc., în această ediţie, la capitolul respectiv, se introduce în plus noţiunea de temperatură echivalentă. Sub această denumire se înţelege aceea temperatură exterioară convenţională a aerului la un moment dat la care se mai asigură confortul în interiorul unei încăperi încălzite, ţinîndu-se seamă şi de infiltraţiile de aer rece la viteze ridicate ale vîntului. De această temperatură se ţine seamă în timpul exploatării, lucru care, practic, ridică temperatura curentă a aerului în graficul de reglare cu 2—3°C.

O mai mare atenţie decît în ediţia anterioară se acordă capitolului XII — „*Calculul tehnico-economic al sistemelor de alimentare cu căldură*". Întreg acest capitol este axat pe metoda de calcul tehnico-economic în energetică bazat pe perioada de recuperare normată a cheltuielilor suplimentare de investiţii. Precizîndu-se o serie de indici tehnico-economici ai reţelelor termice, acest capitol prezintă interes nu numai pentru instruirea teoretică a studenţilor, ci şi pentru practica proiectării termoficării în general. Capitolul este bazat în mare pe compararea eficacităţii economice a termoficării faţă de sistemul separat de producere a căldurii şi energiei electrice. Dat fiind faptul că această lucrare, deşi adresată şi unui cerc larg de specialişti energeticieni, este destinată în primul rînd studenţilor, se apreciază că ea ar fi avut de cîştigat dacă ar fi reţinut cel puţin în linii generale şi alte sisteme de alimentare cu căldură, pe care autorul le elimină de la început, ca evident necompetitive.

O contribuţie practică deosebit de utilă a cărţii constă şi în numărul mare de tabele şi scheme anexe la lucrare, care prezintă date interesante atît pentru studenţii viitori energeticieni, care astfel au posibilitatea să aprecieze ordinul de mărime al unor importanţi factori ce intervin în calcul, cît şi pentru proiectanţii termoficatori din alte ţări, pentru care oferă material de comparaţie cu datele din ţara respectivă.

Se mai remarcă folosirea în paralel, la multe din formulele prezentate, a unităţilor de măsură în sistemul tehnic (metru, kilogram-forţă, secundă) şi în sistemul internaţional (metru, kilogram-masă, secundă), ceea ce familiarizează cu ordinele de mărime în acest sistem şi cu corespondenţa între el şi sistemul tehnic.

Prezentînd ediţia a treia a acestei cărţi, prof. Sokolov pune la îndemîna energeticienilor sinteza muncii termoficatorilor sovietici de zeci de ani, unul dintre promotorii termoficării fiind însuşi autorul. Îmbinarea deosebit de reuşită a aspectelor teoretice, prezentate la cel mai înalt nivel, cu elementele practice absolut necesare activităţii de toate zilele a proiectării, construcţiei şi exploatării reţelelor termice face din valoroasa carte a prof. E. I. Sokolov o lucrare deosebit de utilă şi pentru termoficatorii din ţara noastră.

Prof. ing. **I. D. Stăncescu**

Candidat în ştiinţe tehnice **ing. Gh. Colţ**

DOCUMENTARE

Energetică generală

Nikonov, A. P. şi Starikov, L. A. **Metoda alegerii domeniilor economice de aplicare a schemelor de alimentare cu energie combinată şi separată prin folosirea maşinii electronice de calcul BESM — 2 m.** Teploenerghetika (1963), nr. 11, p. 51—55.

Compararea economicităţii schemelor de alimentare combinată, cu energie electrică şi termică (CET), şi separată depinde de un număr de factori interdependenţi, dintre care principalii sînt: condiţiile de alimentare cu combustibil, puterea unitară, parametrii şi indicii tehnico-economici ai instalaţiilor şi construcţiilor energetice, regimul de lucru al CET în sistemul energetic dat, condiţiile locale etc. Această mulţime de factori, care influenţează rezultatul final, face ca problema comparării schemelor de alimentare cu energie combinată şi separată să aibă numeroase variante, atît după datele iniţiale cît şi după influenţa diferitelor condiţii locale, rezolvarea ei fiind extrem de laborioasă printr-o metodă de calcul manuală.

Faţă de această situaţie, autorii propun o metodă de comparare a celor două tipuri de scheme cu ajutorul maşinilor electronice, care permite accelerarea executării calculelor respective, ridică calitatea lor, lărgeşte posibilităţile de cercetare a variantelor şi factorilor şi justifică complet varianta optimă.

Compararea economicităţii diverselor scheme propuse se realizează cu ajutorul metodei cheltuielilor anuale minime de calcul, stabilirea variantei optime făcîndu-se prin raportul cheltuielilor anuale de calcul al celor două scheme:

$$A = \frac{C_{combinat}^{calcul}}{C_{separat}^{calcul}}.$$

Pentru rezolvarea problemei a fost folosită mașina electronică de calcul BESM — 2m, de construcție sovietică; făcînd parte din categoria mașinilor mari, cu utilizare generală, ea este destinată rezolvării celor mai complicate probleme ale fizicii moderne, tehnicii și economiei.

Programul de lucru cuprinde 305 numere, care constituie memoria operativă a mașinii, din care: 26— constante și 279 — partea de lucru a programării. Memoria externă (pe tamburul magnetic) nu se folosește. Coeficienții care apar în expresiile de calcul se introduc sub formă de dependențe analitice sau grafice.

În schema-bloc a programării rezolvării problemei la mașina electronică de calcul, expusă în articol, se folosesc 18 blocuri electronice, care conduc în final la stabilirea coeficientului A, amintit mai sus.

Cel mai important avantaj al acestei metode este rapiditatea executării calculelor multiplelor variante. Astfel, pentru exemplul numeric prezentat de autori, a fost necesar să se întocmească 216 variante, pentru calcularea cărora mașina a avut nevoie numai de 20 minute de funcționare.

a. l.

Etienne, E. H. **Producția de energie electrică a Suediei în perioada 1970—1970.** Schweizerische Bauzeitung, nr. 46, nov. 1963.

Autorul prezintă o sinteză asupra studiului întocmit de Administrația centrală de electricitate a Suediei (C.D.L.), care a fost comunicat la sesiunea Comitetului executiv internațional al Conferinței Mondiale de Energie, ținută la Stockholm în 15—16 iulie 1963.

Scopul principal al acestui studiu este acela de a orienta programele de dezvoltare energetică a Suediei spre resursele care oferă condiții optime, în vederea producerii energiei electrice necesare, la un preț de cost minim.

Se menționează că Suedia se situează printre țările cu un consum mare de energie electrică pe cap de locuitor. Astfel, datele statistice arată că în Suedia consumul de energie în 1960 era de 32 TWh/an, revenind pe cap de locuitor 4 500 kWh/an. Din energia electrică efectiv distribuită consumatorilor (28 TWh/an), 64% a revenit industriei, 30% micii producții private, consumatorilor casnici și agriculturii, iar 6% transporturilor publice.

Producția de energie electrică în 1960 a fost acoperită preponderent din resursele hidroelectrice. Astfel, puterea instalată în centralele hidroelectrice din anul 1960 a fost de 7 000 MW, față de 1 200 MW instalați în termocentrale și centralele de termoficare.

Producția de energie a centralelor hidroelectrice a fost de 34 TWh/anul mediu, față de 1,5 TWh/an cît a reprezentat producția de energie realizată în termocentrale.

Creșterea anuală a consumului de energie înregistrată în perioada 1950—1960 a fost de 6,7% (1,5 TWh/an). În urma analizei curbei de creștere a consumului anual de energie și a factorilor care o influențează, se prevede pentru perioada 1960 — 1970 o creștere medie de 5,9% (2,5 TWh/an), iar pentru perioada 1970 — 1980 o creștere medie de 5,5% (4 TWh/an). Pe baza acestor elemente s-a calculat necesarul de energie electrică în perioadele 1960—1970 și 1970—1980, așa cum se arată în tabela 1.

Tabela 1

	1970		1975		1980	
	P_i MW	E_{med} TWh/an	P_i MW	E_{med} TWh/an	P_i MW	E_{med} TWh/an
Necesar	10 800	57,0	14 100	74,5	18 400	97,5
Produs în hidrocentrale	10 800	54,0	11 900	60,0	12 700	64,0
Produs în termocentrale	1 800	0,5	1 800	4,3	1 800	1,5
Produs în centrale atomoelectrice	200	1,0	800	5,4	3 800	25,5
Produs în centrale de termoficare	1 400	4,5	1 800	6,0	2 000	7,0
Surplus de energie	—	3,0	—	1,2	—	0,5

Din analiza datelor prezentate în tabelă rezultă că și în următorii 20 de ani consumul de energie al Suediei va fi acoperit preponderent din resursele hidroenergetice.

O dezvoltare importantă se prevede în domeniul centralelor atomoelectrice, a căror producție de energie electrică va crește de la 1,7% în 1970, la 26% în 1980. Această creștere va fi influențată de scăderea investiției specifice (cu aproximativ 15%) care se întrevede pentru perioada 1975—1980, prin perfecționările tehnice ce se vor aduce procesului de transformare a energiei de fisiune în energie electrică utilă. Dezvoltarea termocentralelor clasice se limitează numai la strictul necesar acoperirii deficitelor sezoniere de energie electrică și pentru necesitățile de energie termică ale industriei.

Autorul articolului trage concluzia interesantă că în Suedia, care dispune de importante resurse hidroenergetice nevalorificate încă și de combustibili convenționali procurați la un preț relativ scăzut, se consideră ca justificată din punct de vedere economic folosirea energiei atomice în scopuri energetice, cu începere din anul 1970.

m. p.

Electroenergetică

Zirel, Ia. A. și Veliki, N. A. **Legarea la pămînt a stîlpilor de beton monopicior ai liniilor electrice aeriene.** Energhetik **11** (1963), nr. 12, p. 4—8.

În prezent se utilizează în mod curent în U.R.S.S., la LEA de 35—220 kV, stîlpi de beton monopicior, cu și fără pretensionarea armăturii, de tip vibrat sau centrifugat, urmînd a se extinde și pentru tensiuni de 330—500 kV. Pentru încastrarea stîlpilor în teren se utilizează curent fundații burate de 3 m adîncime pentru stîlpii centrifugați și 2,6 m pentru cei vibrați. Conform normelor în vigoare, la LEA de 35—154 kV conductorul de protecție se leagă la pămînt la fiecare stîlp, la LEA de 220—500 kV conductorul de protecție este izolat de stîlpii de susținere, care însă, fiecare în parte este legat la pămînt. Pentru legarea la priza artificială — sau la fundație atunci cînd aceasta joacă rolul de priză —se utilizează armătura nepretensionată, sau atunci cînd armătura este pretensionată se prevede o bară nepretensionată în stîlp. Se merge pe evitarea prizelor artificiale, care erau pînă în prezent legate la un bulon de legătură la baza stîlpului, fiind formate dintr-o platbandă de 40 × × 4 mm, dusă vertical de-a lungul fundației și trecută apoi pe sub fundație. Măsurarea prizelor artificiale se efectua prin desfacerea lor de la stîlp, nefiind astfel necesară desfacerea conductorului de protecție de la stîlpi. S-a constatat că rezultatele unor asemenea măsurători nu sînt concludente.

Se poate utiliza armătura piciorului stîlpului drept priză în următoarele cazuri:

a) dacă este asigurată umiditatea solului în tot anotimpul cu descărcări atmosferice;

b) dacă densitatea medie a curentului datorită descărcării atmosferice ce revine pe unitate de suprafață a armăturii nu depășește valoarea critică, după care are loc străpungerea și deci distrugerea betonului.

Prima condiție este asigurată atunci cînd caracteristicile solului și condițiile climaterice asigură în perioada aprilie — septembrie o umiditate minimă a solului de 5%.

A doua condiție depinde de caracteristici constructive și curentul datorită descărcării atmosferice.

Cum suprafața rețelei metalice a armăturii piciorului stîlpului este de circa 5 m², iar curentul descărcării nu depășește 150 kA, densitatea curentului este de circa 3 a/cm², ceea ce este sub valoarea critică de 10—17,5 a/cm².

d.bf.

Konstantinov, B. A. **Asupra utilizării metodelor matematice la normarea consumurilor de energie electrică ale consumatorilor.** Elektricestvo nr. 1, 1964, p. 66–67.

Articolul prezintă o aplicație a teoriei probabilității și a statisticii matematice la determinarea normelor de consum de energie electrică.

Consumul mediu de energie electrică specifică se consideră drept variabila aleatorie, care se compară cu mărimea normată w_n. Abaterea $v(g) = w(g) - w_n$ se consideră satisfăcînd o lege normală de distribuție și se calculează abaterea medie $(\overline{v})$ și abaterea medie pătratică (σ^2).

Folosind teoremele lui Liapunov, se pune condiția $v - \overline{v} \leqslant a\sigma$ (a fiind o valoare dată) și, pe această bază, din tabele, se poate determina valoarea integralei de probabilitate

$$\Phi(a) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^0 e^{-\frac{t^2}{2}} dt,$$

care indică procentele de cazuri în care valoarea normată va fi depășită.

a.r.

Jakub, I. A. și Kajarinov, V. V. **Construcția stațiilor de conexiuni exterioare de 110 – 500 kV.** Elektriceskie stanții **35** (1964) nr. 1, p. 43–51.

Se prezintă problemele tipizării structurilor constructive din stații de 110–500 kV cu două sisteme de bare și cu bară de transfer, ale căror distanțe constructive sînt cele din tabela alăturată.

Se prezintă dimensiunile cadrelor tipizate din metal sau beton armat pentru baze sau pentru celule cu una sau două deschideri. Autorii pledează pentru utilizarea dispoziției în linie (Kiellinie) a separatoarelor bicoloană și limitează utilizarea separatoarelor pantograf la instalații de 320 și 500 kV.

Distanța de izolare normată	Distanță minimă, mm			
	110 kV	220 kV	330 kV	500 kV
Între faze pentru bare rigide	1 000	2 000	2 800	4 200
Între fază și pămînt pentru bare rigide	900	1 800	2 500	3 750
Între faze pentru bare elastice	1 000+*a**	2 000+*a*	2 800+*a*	4 200+*a*
Între fază și pămînt pentru bare elastice	900+*a*	1 800+*a*	2 500+*a*	3 750+*a*
Între conductoare și pămînt	3 600	4 500	5 200	6 450
Între partea inferioară a izolatorului aparatului și pămînt	2 500	2 500	2 500	2 500
Între conductoare și aparate care trebuie deplasate	1 650	2 550	3 250	4 500
Între părțile sub tensiune și clădiri:				
pe verticală	3 600	4 500	5 200	6 450
pe orizontală	2 900	3 800	4 500	5 750
Între părțile sub tensiune a unor circuite diferite la deservirea unui circuit și cînd al doilea este deschis				
pe orizontală	2 900	3 800	4 500	5 750
pe verticală	1 650	2 550	3 250	4 500

* *a* este devierea conductorului sub acțiunea vîntului.

a. r.

Hrușciova, E. V, Krălov, V. A. și Vatuleva, N. Z. **Folosirea calculatoarelor cifrice pentru calculul curenților de scurtcircuit în sistemele energetice complexe pe baza caracteristicilor nodale ale rețelei.** Elektricestvo nr. 2, 1964, p. 12–17.

Algoritmul de calcul se bazează pe folosirea matricei impedanțelor proprii și reciproce ale schemelor de secvență directă, inversă și homopolară. Se indică sumar o metodă eficace de determinare a matricei impedanțelor proprii și reciproce [Z], pornind de la un singur element de rețea prin adăugirea succesivă de noi elemente de rețea pînă la realizarea întregii scheme. Această metodă, avînd la bază teoria lui Kron, este mai pe larg descrisă în „Izvestiia Akademii Nauk Energhetika i Transport", nr. 4, 1963, p. 481–490.

Se dau formulele pentru calculul curenților de scurtcircuit și curenților pe linii, precum și tensiunilor în noduri. Se analizează modul de alcătuire a matricei [Z] de secvență homopolară pentru cazul liniilor paralele cu inductanță mutuală. Sînt prezentate schemele logice ale programelor de calcul alcătuite pentru URAL II și care permit determinarea regimului de scurtcircuit trifazic pentru 50 noduri și 150 ramuri și a regimului de scurtcircuit monofazic pentru 34 noduri și 95 ramuri. De asemenea, se face o apreciere asupra erorii de calcul în cazul folosirii mesei de calcul de curent continuu.

Pentru 10 sisteme calculate avînd între 20 și 60 noduri, timpul de calcul a fost între 1 și 5 minute.

a.p.

Stern, E. P. **Trecerea echipamentului hidrocentralei „V. I. Lenin" de pe Volga la tensiunea de 500 kV.** Elektriceskie stanții **35** (1964), nr. 2, p. 29–34.

După cum se știe, centrala hidroelectrică „V. I. Lenin" de pe Volga este legată prin două artere magistrale cu Moscova și cu sistemul energetic din Ural. Aceste legături, construite inițial pentru 400 kV, s-a hotărît a fi trecute la 500 kV. În septembrie 1963 au fost puse sub tensiunea de 500 kV, pentru încercări, ambele circuite ale magistralei Moscova – CHE „V. I. Lenin". Ridicarea tensiunii la 500 kV mărește capacitatea de transport a arterei spre Moscova cu 38% și a celei spre Ural cu 35%.

Pentru trecerea la 500 kV a centralei „V. I. Lenin", a stațiilor de la Moscova și a arterei, s-au cheltuit 2,38 mil. ruble, din care pentru centrala „V. I. Lenin" 1,714 mil. ruble.

Mărirea capacității de transport permite ca aceste cheltuieli suplimentare să fie recuperate în circa patru ani. Reconstrucția transformatoarelor și autotransformatoarelor s-a făcut la centrală.

Transformatoarele ОЦГ 123 500/400 au fost transformate în transformatoare ОЦГ – 135 000/500, deci cu o putere nominală de 135 MVA și o tensiune nominală de $525/\sqrt{3}$ kV. Autotransformatoarele ОЦТГА – 167 100/ /82500 s-au transformat în ОЦТГА – –135 000/90 000, adică puterea înfășurării a crescut de la 82,5 la 90 MVA, iar puterea de trecere a scăzut de la 167 la 135 MVA. În articol se arată modul de efectuare a lucrărilor de trecere și încercările efectuate pentru toate echipamentele necesar a fi trecute la 500 kV.

a.r.

Ersevici, V. V., Smolianov, V. S. și Palant, V. M. **Despre utilizarea dispozitivelor de reglaj sub sarcină (DRS) la transformatoare de 35 și 110 kV.** Elektriceskie stanții **35** (1964), nr. 2, p. 47–51.

După datele din tabela 1, diferența de preț între transformatoare prevăzute cu dispozitive de reglaj sub sarcină (DRS) și cele fără DRS este de 20–40%.

Tabela 1

Puterea nominală, MVA	Preț mii ruble		Coef. de abatere
	cu DRS	fără DRS	
	35/6–10 kV		
10	11,33	8,16	1,39
15	14,52	9,76	1,49
20	–	–	–
	110/6–10 kV		
10	16,18	12,63	1,28
15	19,49	15,07	12,6
20	20,05	21,79	1,25
31,5	42,5	32,82	1,3
	110/35/6–10 kV		
10	21,85	15,85	1,34
25	25,22	18,95	1,29
20	29,0	23,46	12,
31,5	35,3	30,58	1,12

În prezent se caută să se găsească o justificare tehnico-economică a domeniului pentru care utilizarea DRS este indicată. După cum se știe, introducerea DRS are efecte pozitive în ceea ce privește ridicarea nivelului de tensiune a rețelei, îmbunătățirea gradului de folosire a instalațiilor de compensare a puterii reactive, o mai mare elasticitate operativă a sistemului energetic și o ridicare a calității furniturii de energie electrică livrată consumatorilor

Concluziile autorilor sînt următoarele: transformatoarele cu două înfășurări de 10–16 MVA de la 35 kV și de 16–25 MVA de la 110 kV, precum și transformatoarele cu trei înfășurări de 25–40 MVA de la 110 kV este avantajos a fi construite fără dispozitiv de reglaj sub sarcină. Transformatoarele cu puteri mai mici vor fi construite după cazul concret cu sau fără DRS, în funcție de mărimea rețelei și de încărcarea rețelelor și de variația zilnică a tensiunii la centrale.

a.r.

Rockfeller, G. D. **Un sistem selectiv de descărcare automată de sarcină (DAS)** Westinghouse Engineer **23** (1963), nr. 6, p. 187–189.

În trecut, suprasarcinile care ar fi putut apărea pe anumite generatoare erau evitate prin prevederea unor relee lucrînd în cazul scăderii frecvenţei şi care provocau declanşarea unor anumite fidere stabilite anterior. Această metodă nu este complet satisfăcătoare, deoarece în perioadele de vîrf de sarcină se poate ca să se deconecteze o sarcină prea mică, iar în timpul golurilor de sarcină s-ar putea ca, dimpotrivă, sarcina deconectată să fie prea mare. A fost dezvoltat un nou sistem de DAS, care urmăreşte diverse surse generatoare şi sarcini şi alege automat fiderul care trebuie declanşat dacă a apărut un defect în sistem şi o arteră principală de alimentare este întreruptă.

În esenţă, sistemul selectiv urmăreşte în mod continuu valoarea sarcinii care depăşeşte posibilităţile de prelucrare a sistemului local şi care reprezintă tocmai valoarea consumului necesar a fi sacrificat. Funcţionarea sistemului selector de DAS este asigurată de trei elemente componente :

1. Un sistem de investigare care include transductoare de putere, potenţiometre şi un selector de minimă tensiune şi care furnizează semnale ,,mai sus'' şi ,,mai jos''.

2. Un grup de relee care acţionează sub influenţa acestor semnale şi aleg fiderele care eventual vor trebui deconectate.

3. Un grup de relee de protecţie care asigură deconectarea instantanee la ieşirea din paralel a arterei de înaltă tensiune care alimentează sistemul local. La întreruperea liniei de interconexiune, sistemul poate fi aranjat pentru DAS în cazul avarierii celui mai mare generator local.

a.r.

Termoenergetică

Gverke, H. **Pompe de circulaţie pentru cazane cu străbatere forţată.** Energie **15** (1963), nr. 4, p. 129–134.

Utilizarea pompelor de circulaţie la cazanele de debit şi cu presiune mare s-a răspîndit din ce în ce mai mult. În prezent se folosesc asemenea pompe la cazane cu circulaţie forţată, cu debite pînă la 2 000 t/h şi presiuni pînă la 170 at, limită la care mai are loc separarea necesară în stare de saturaţie dintre abur şi apă.

Recent, pompele de circulaţie şi-au găsit aplicaţie şi la cazanele cu străbatere forţată, pentru a uşura pornirea, mai ales din stare semicaldă, precum şi oprirea. Folosirea unor astfel de pompe mai are avantajul că coboară sarcina minimă de 25–40% din sarcina nominală, pînă la circa 10%, fără mărirea pierderilor de presiune de la plină sarcină. Pompa se montează astfel, încît preia apa din butelia de separare şi o reintroduce în circuitul cazanului înaintea preîncălzitorului. Supraîncălzitorul rămîne uscat. Preîncălzitorul cazanului şi suprafeţele de vaporizare lucrează ca un cazan cu circulaţie forţată, butelia de separare avînd rolul de tambur.

Cazanul se porneşte fără presiune. Cînd temperatura apei atinge pe cea de vaporizare, se porneşte pompa de alimentare a cazanului. Pe măsură ce creşte debitul cazanului, se reduce debitul pompei de circulaţie, pînă ce se scoate din funcţiune.

Din cauza presiunilor şi temperaturilor mari care intervin, nu poate fi vorba de o construcţie obişnuită de pompă. Pompele de circulaţie folosite în modul expus sînt pompe fără presetupe, montate în conductă, motorul lucrînd în apă, dar nu în apa fierbinte a circuitului principal, ci într-un curent de apă rece, adus cu o pompă specială, care realizează o etanşare faţă de apa fierbinte din circuit. Temperatura apei de răcire la ieşirea din pompă este de 35–40°C.

Pompa are una sau mai multe trepte şi motorul electric este montat sub ea, pentru a se evita adunarea de gaze în motor. Întregul ansamblu este suspendat de conductă şi nu necesită fundaţie, trebuie îngrijit însă ca ambele conducte, de aspiraţie şi de refulare, să nu exercite forţe asupra carcasei ansamblului.

Pentru cazane de 100–500 t/h, pompele de circulaţie au debite de 50–250 m^3/h, cu presiuni între 100–200 m H_2O.

a.m.

Turkin, A. N. **Contribuţii la problema determinării eficacităţii utilizării cuplelor hidraulice pentru acţionarea pompelor de alimentare.** Teploenerghetica, 10, nr. 11, 1963, p. 69 – 72.

În prezent energetica se dezvoltă pe calea introducerii blocurilor de mare putere cazan-turbină cu parametri ridicaţi sau supracritici ai aburului. O dată cu ridicarea parametrilor, creşte substanţial consumul de energie electrică al pompelor de alimentare, astfel că economicitatea acestora afectează economicitatea întregului bloc. Pentru reducerea consumului de energie al pompelor de alimentare se aplică diferite procedee de reglare a presiunii dezvoltate de pompă. Unul dintre procedeele folosite este variaţia turaţiei pompei cu ajutorul cuplei hidraulice.

Cupla hidraulică este destinată să rezolve următoarele probleme principale :

— micşorarea puterii absorbite de electromotor (comparativ cu acţionarea la turaţie constantă) la sarcini parţiale ale cazanului ;

— îmbunătăţirea condiţiilor de funcţionare pentru pompă, conducte, armături şi în special a suprafeţelor de reglaj de alimentare ale cazanului ;

— condiţii de pornire mai uşoare pentru electromotor şi pompa de alimentare.

Este posibilă de asemenea folosirea directă a cuplei hidraulice ca organ de reglaj pentru alimentarea cu apă a cazanului. În cazul în care pompa de alimentare este acţionată de la axul turbinei principale, prin introducerea cuplei hidraulice, este posibilă oprirea pompei de alimentare fără a se opri întregul bloc.

Pentru determinarea creşterii economicităţii pompei de alimentare se compară două variante de funcţionare :

— reglajul debitului de apă de alimentare se face cu ajutorul supapelor de alimentare, pompa de alimentare funcţionînd la turaţie constantă ;

— reglajul se face prin variaţia turaţiei pompei de alimentare.

Puterea electrică absorbită de o electropompă de alimentare serveşte la creşterea entalpiei apei de alimentare rămînînd în ciclu sub formă de căldură şi la acoperirea pierderilor electrice şi mecanice (pierderi nerecuperabile). Introducerea cuplei hidraulice conduce la micşorarea puterii absorbite, dar în acelaşi timp creşterea de entalpie a apei de alimentare va fi mai mică, iar pierderile nerecuperabile mai mari.

Ţinînd seamă de factorii de mai sus şi de influenţa lor asupra blocului, s-a calculat reducerea puterii absorbite de pompele de alimentare pentru următoarele situaţii :

— cuple hidraulice LMZ, folosite la pompele de alimentare SVP — 280 —320 de la CET — 1 din Celiabinsk ;

— cuple hidraulice MG 65 × 2, folosite la pompele de alimentare PE — 430 — 200 de la blocul I de 200 MW de la CTE Iujno — Uralsk ;

— cuple hidraulice Voith, folosite la pompele de alimentare Sulzer de la blocul II de 200 MW de la CTE Iujno — Uralsk.

În condiţiile de la CET — 1 Celiabinsk, cupla hidraulică permite obţinerea de economii la sarcini ale cazanului mai mici de 60% din sarcina nominală. Rezultă că folosirea cuplei hidraulice nu este oportună în exploatarea CET, deoarece sarcini sub 60% din sarcinile nominale nu pot fi realizate de cazanele care funcţionează pe cărbune.

În cazul blocului I de la CTE Iujno — Uralsk, folosirea cuplelor hidraulice MG 65×2 conduce la economii mici (reducerea puterii absorbite totale — echivalate — cu 50 kW la un bloc de 200 MW).

În cazul blocului II de la CTE Iujno — Uralsk se obţine o economie ceva mai mare datorită randamentului mai bun al cuplei hidraulice Voith de la pompa de alimentare Sulzer.

Folosirea cuplelor hidraulice nu asigură o creştere substanţială a economicităţii blocului, iar în unele cazuri nu se justifică economic. La blocurile de mare putere destinate a funcţiona în regim de bază, folosirea cuplelor hidraulice nu poate fi justificată numai din punct de vedere economic, ci numai prin restul avantajelor pe care le prezintă.

Influenţa creşterii entalpiei apei în pompa de alimentare trebuie avută în considerare în calculele tehnico-economice de stabilire a oportunităţii introducerii cuplelor hidraulice pentru fiecare caz concret şi pentru ansamblul blocului.

Trecerea la parametrii supracritici şi grupuri de puteri foarte mari reduce eficacitatea cuplelor hidraulice la pompele de alimenatare, întrucît randamentul global al blocului creşte.

Eficacitatea introducerii cuplelor hidraulice creşte o dată cu creşterea randamentului cuplei şi scade o dată cu creşterea randamentului pompei de alimentare, precum şi cu reducerea pantei caracteristicii debit — presiune a pompei.

h.f.

* * * **Prima centrală termoelectrică din lume comandată de un calculator.** Combustion **53** (1963), nr. 4, p. 49.

Recent a intrat în funcţiune prima centrală din lume pe gaze care funcţionează complet automatizat, pe baza comenzilor unui calculator electronic.

Este vorba de o centrală compusă din două unităţi de cîte 43 MW, instalate în 1946 şi 1949, care sînt pornite şi oprite în fiecare zi de personalul de exploatare sub comanda calculatorului.

Instalaţia de automatizare a fost proiectată în 1960, modificările şi adăugirile necesare în centrală fiind efectuate cu un timp minim de oprire. Ca schimbări importante sînt de menţionat un regulator nou la turbină, permiţînd reglaj de viteză în limitele 0—3 600 rot/min, arzătoare noi şi o nouă automatizare a cazanelor.

Pornirea sau oprirea este iniţiată pe baza acţionării unui buton, la care calculatorul intră în funcţiune. Instrucţiunile pentru efectuarea operaţiilor în timpul cel mai scurt şi corespunzător cerinţelor termice ale echipamentului se găsesc în memoria de 24 576 adrese (8 192 adrese în memoria internă şi 16 384 în tambur).

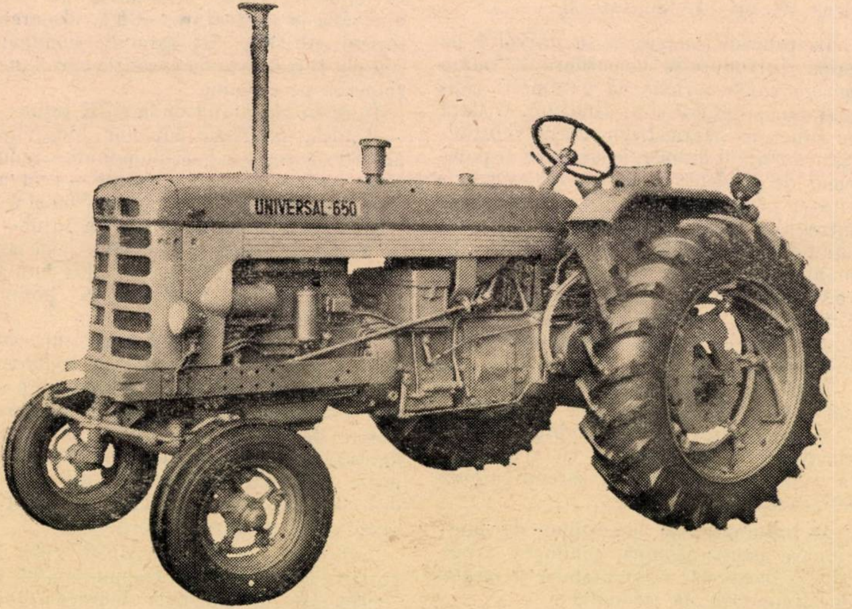
În timpul pornirilor, calculatorul verifică toate semnalele de intrare şi trece prin 121 etape principale; cînd s-a încheiat ultima operaţie, grupul este încărcat cu 25% din sarcina nominală şi toate comenzile sînt automatizate. În timpul funcţionării, grupul este condus continuu de calculator.

Oprirea se face pe baza unui program cuprinzînd 47 etape principale. Ea este încheiată cînd unitatea se roteşte cu virorul, cu toate instalaţiile auxiliare oprite.

a. m.

UZINA
UTB TRACTORUL
BRAŞOV

Produce:



- **Tractoare universale de 65 CP cu două roţi motoare, livrabile în următoarele variante:**
  - **— cu osia din faţă cale largă variabilă de la 1 200 la 1 800 mm;**
  - **— cu osia din faţă cale îngustă (roţi jumelate)**
- **Tractoare de 65 CP cu patru roţi motoare**
- **Motoare Diesel de 65 CP cu injecţie directă, de mare economicitate**
- **Piese de schimb pentru tractoare**

Marca UTB este cunoscută pe piaţa internaţională

Revista „ENERGETICA“, organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia: „IPROMIN“ Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN“ — Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „INFORMAŢIA“, Bucureşti — c. 1712.

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

41 401

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1983

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.175: 621.311.22.004

Schlötter, Fr.: **О возможностях улучшения конденсационных установок на термоэлектрических станциях**

Описывается ряд методов модернизации конденсаторов, находящихся в действии на ТЭЦ. С помощью приведенных способов представляется возможным достижение экономии топлива. В настоящей работе рассматриваются мероприятия, ведущие к снижению расхода топлива на ТЭЦ.

Energetica 12 (1964), № 6, стр. 253–263

ДК 621.311.22.004.5

Ungureanu, C.: **Повышение эффективности промывки пара барботированием воды для питания, посредством добавления аммиака в воду**

Energetica 12 (1964), № 6, стр. 263–266

ДК 621.316.11

Carabulea, A.: **Теоретические и практические аспекты симметризации электрических систем**

Energetica 12 (1964), № 6, стр. 267–280

ДК 628.971.6 : 621–523

Friedmann, W.: **Автоматические установки осветительной сети г. Бухареста**

Описываются установки автоматического управления с включением и выключением освещения в Бухаресте, а именно: система контакторов с каскадным питанием, та же система корректируемая с помощью промежуточных реле, запасная система для автоматического повторного включения света с помощью контактных часов, а также устройство для наблюдения за предохранителями.

Energetica 12 (1964), № 6, стр. 280–284

ДК 621.313.1 : 531.32

Roşca, P. и *Iftime, P.:* **О допускаемых пределах вибраций энергетических агрегатов**

Рассматривается постановка вопросов, связанных с интерпретацией вибраций вращающихся агрегатов, применительно к энергетическим агрегатам.

Energetica 12 (1964), № 6, стр. 284–289

ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ДК 621.311.1. (497.1)

Cogălniceanu, A.: **Развитие энергетики в ФСР Югославия**

В статье освещьается развитие энергетики в Югославии, причем особое внимание уделяется использованию гидроэнергетических ресурсов.

Energetica 12 (1964), № 6, стр. 289–295

РЕЦЕНЗИИ

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.175 : 621.311.22.004

Schlötter, Fr. : **Ueber Massnahmen zweeks Erhöhung der Leistung von Kondensationsanlagen in Kampfkraftwerken**

Im Rahmen der Bestrebungen für Herabsetzung des Brenstoffverbrauchs, werden Modernisierungsverfahren für Kondensationsanlagen in Dampfkraftwerken besprechen.

Energetica 12 (1964), H. 6, S 253–263

DK 621.311.22.004.5

Ungureanu, C. : **Erhöhung der Wirksamkeit von Dampfdurchperlen mittels Speisewasser, unter Zusatz von Ammoniak**

Energetica 12 (1694), H. 6. S. 263–266

DK 621.316.11

Carabulea, A. : **Theoretische und praktische Betrachtungen über die Symmetrierung elektrischer Netze**

Energetica 12 (1964), H. 6. S. 267–280

DK 628.971.6 : 621–523

Friedmann, W. : **Automatisierte Anlagen im Netz für öffentliche Beleuchtung der Stadt Bukarest**

Die Einrichtungen für Automatische Steuerung der Ein — und Ausschaltung der öffentlichen Beleuchtung in Bukarest werden beschrieben und zwar : die in Stufenschaltung gespeisten Kontaktgeber, dieselben in verbesserter Ausführung mit Hilfe von Zwischenrelais, Reserveeinrichtung für automatische Wiedereinschaltung der Beleuchtung mit Hilfe von Kontaktuhren sowie ein Vorrichtung für Überwachung der Sicherungen.

Energetica 12 (1964), H. 6, S. 280–284

DK 621.313.1 : 531.32

Roşca, P. und *Iftime, P.* : **Einige die zulässigen Grenzen der Schwingungen der Anlagen für Energieerzeugung betreffenden Fragen**

Darstellung der gegenwärtigen Auffassung der Fragen im Zusammenhang mit der Deutung von Schwingungen rotierender Aggregate, mit Anwendung auf enregieerzeugende Motoren.

Energetica 12 (1964), H. 6, S. 284–289

ENERGIEWIRTSCHAFT DES AUSLANDS

DK 621.311.1.(497.1)

Cogălniceanu, A. : **Entwicklung der Energiewirtschaft Jugoslawiens**

Energetica 12 (1964), H. 6, S. 289–295

BUCHBESPRECHUNG

DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.175 : 621.311.22.004

Schlötter, Fr. : **Possibilités d'améliorer les installations de condensation dans les centrales thermiques**

En considérant les mesures de réduction de la consommation du combustible dans les centrales, l'auteur présente quelques méthodes pour moderniser les condenseurs existents.

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 253–263

CD 621.311.22.004.5

Ungureanu, C. : **L'augmentation de l'efficacité du lavage par barbotage de la vapeur à l'eau d'alimentation mélangée avec de l'ammoniac**

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 263–266

CD 621.316.11

Carabulea, A. : **Considérations théoriques et pratiques concernant la symmétrisation des systèmes électriques**

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 267–280

CD 628.971.6 :621–523

Friedmann, W. : **Installations d'automatisation dans le système d'éclairage urbain de Bucarest**

L'auteur présente les installations de commande automatique pour allumer et éteindre le système d'éclairage urbain de Bucharest, c'est-à-dire : le système des contacteurs alimentés en cascade ; le même système corrigé à l'aide de relais intermédiaires (dispositif RIF), un système de réserve pour réallumer automatiquement l'éclairage, à l'aide de montres à contacts (dispositif RAI) et un dispositif pour le contrôle des fusibles.

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 280–284

CD 621.313.1 :531.32

Roşca, P. et *Iflime, P.* : **Considérations sur les limites admissibles des vibrations des groupes électriques**

L'auteur étudie les problèmes concernant l'interprétation des vibrations des groupes rotatifs et les applications aux groupes électriques.

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 284–289

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

CD 621.311.1 (497.1)

Cogălniceanu, A. : **Le développement de l'énergétique en Yougoslavie**

L'auteur présente le développement de l'énergétique en Yougoslavie, soulignant l'emploi des resources hydroénergétiques.

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 289–295

COMPTES-RENDUS

DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.175 :621.311.22.004

Schlötter, Fr. : **Improving of condensing plants in thermal power stations**

Some methods for modernizing obsolete condensers are considered by the author, in view to bring down the fuel consumption in power stations.

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 253–263

DC 621.311.22.004.5

Ungureanu, C. : **Higher efficiency for steam washing by bubbling with feed water mixed with ammonia**

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 263–266

DC 621.316.11

Carabulea, A. : **Theoretic and practic considerations on the symmetrization of electrical systems.**

Energetica, 12 (1964), nr. 6, p. 267–280

DC 628.971.6 :621–523

Friedmann, W. : **Automation devices used in the public illuminating system of Bucharest**

Automatic control of public illuminating switching on and off is being provided for the town of Bucharest i.e. : cascade supplied contactors, a likewise system corrected by intermediate relays (RIF device), an emergency system for the automatic relighting by contact clocks (RAI device) and a fuse control device.

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 280–284

DC 621.313.1 :531.32

Roşca, P. and *Iflime, P.* : **Some problems concerning the allowable limits of power set vibrations**

Problems concerning the interpreting of rotary set vibrations, as applied to power sets, are discussed in this article.

Energetica 12 (1964), nr. 6, p. 284–289

ENERGETICS ABROAD

DC 621.311.1. (497.1)

Cogălniceanu, A. : **Power development in Yougoslavia**

Power development in Yougoslavia, underlining the utilisation of hydro-electric sources, is presented by the author in this article.

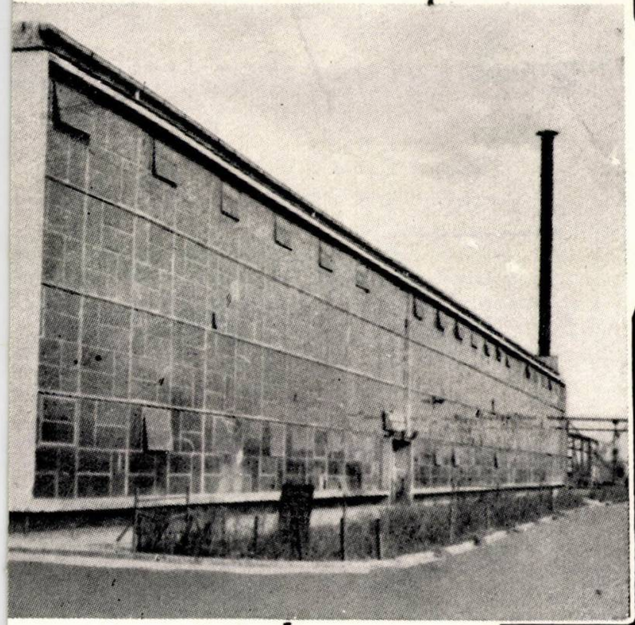
Energetica 12 (1964), nr. p. 289–295

REVIEWS

DOCUMENTATION

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

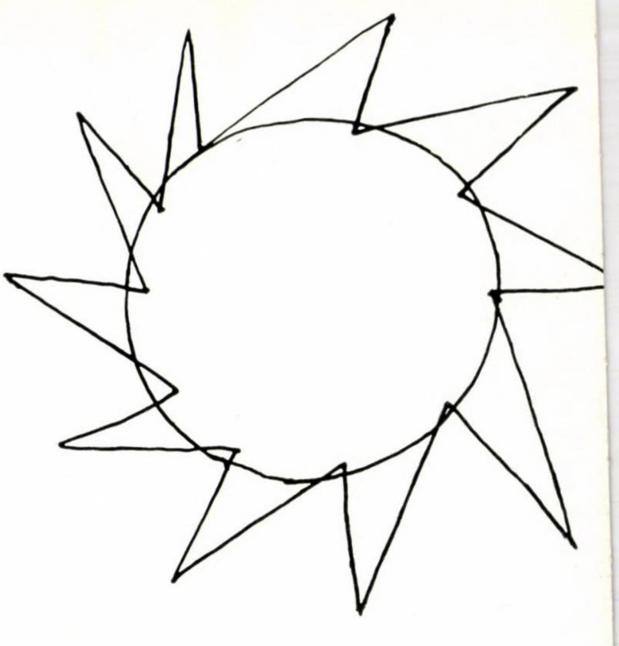
UZINA „24 Ianuarie" – PLOIEȘTI



PRODUCE:

- subansamble pentru instalațiile de foraj 2 DH-75, 4 LD, 3 DH, 4 DH, T 50, E 75.
- turle metalice 100 t din profile laminate sudate
- armături pivot
- barăci metalice demontabile

DELTA

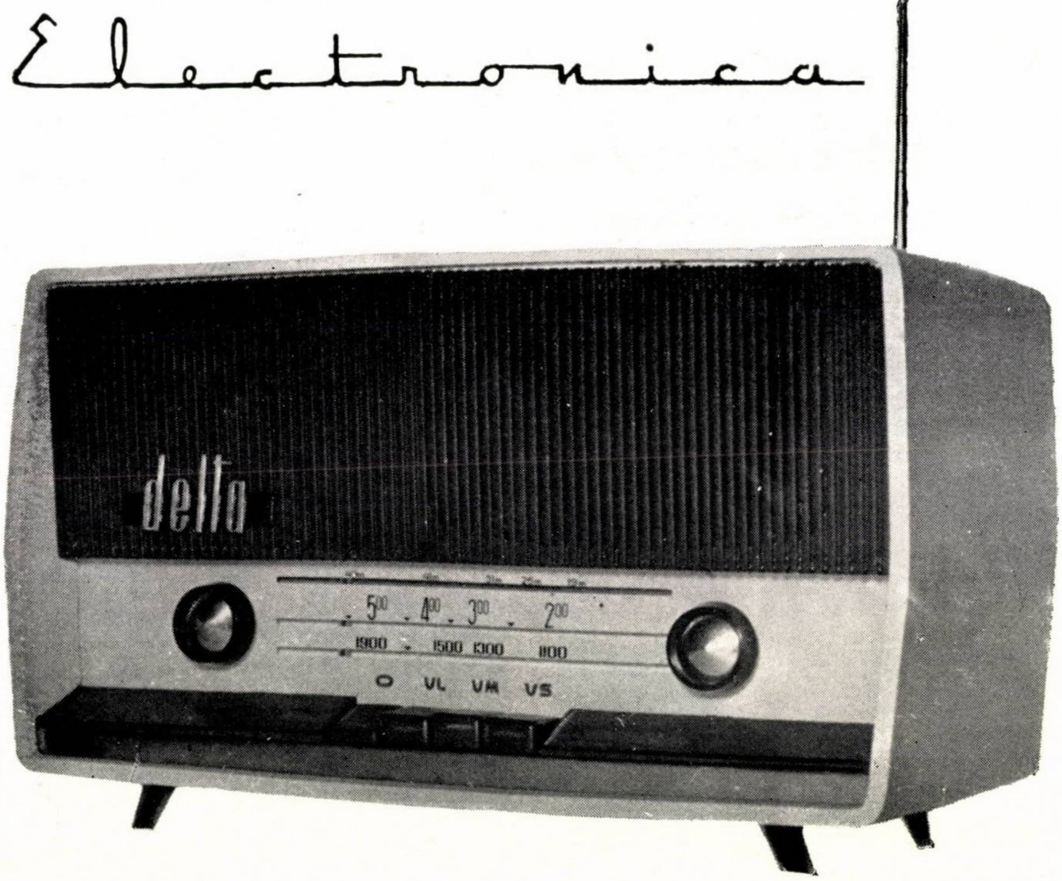


RADIORECEPTOR cu:

- 7 tranzistoare și două diode
- schimbător de lungimi de undă sistem claviatură
- 3 game de lungimi de undă (UL, UM, US)
- difuzor eliptic de 1 VA
- Radioreceptorul este prezentat într-o casetă de polistiren, colorată, dimensiuni aproximative: 358 x 200 x 170 mm
- Alimentarea se face cu 6 baterii electrice de 1,5 V fiecare
- Greutate: 3,5 kg

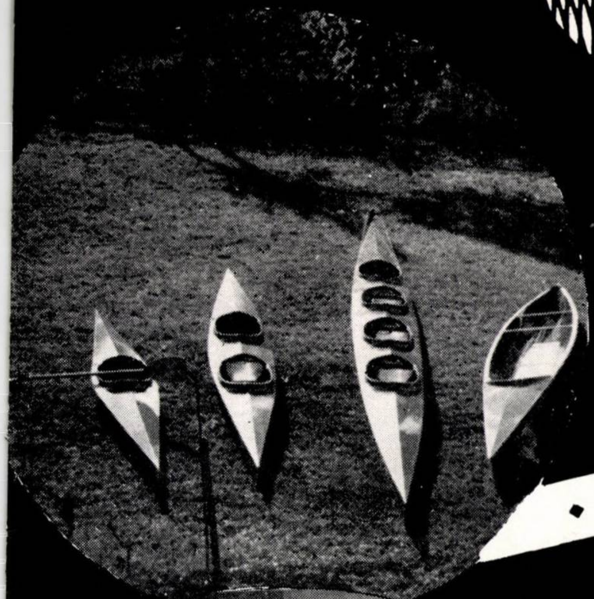
PRODUS DE UZINELE

Electronica


delta
500 400 300 200
1900 1500 1300 800
O VL VM VS

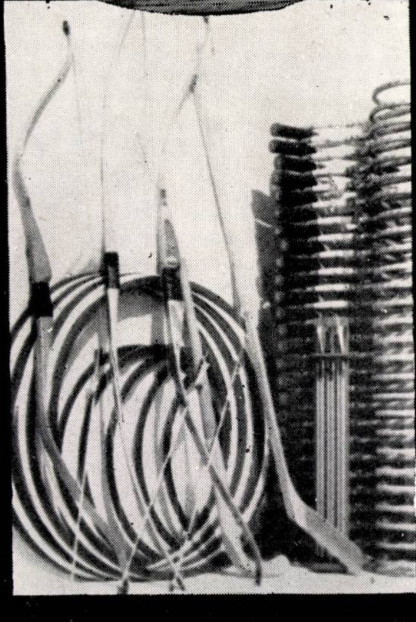
CIL REGHIN

Produce:



- ambarcații pentru agrement și sport

- instrumente muzicale cu corzi



- articole de sport din lemn

COMPLEXUL INDUSTRIALIZĂRII LEMNULUI
REGHIN
STR. IERBUS Nr. 37

FABRICA DE ZAHĂR TG.-MUREȘ

Produce:

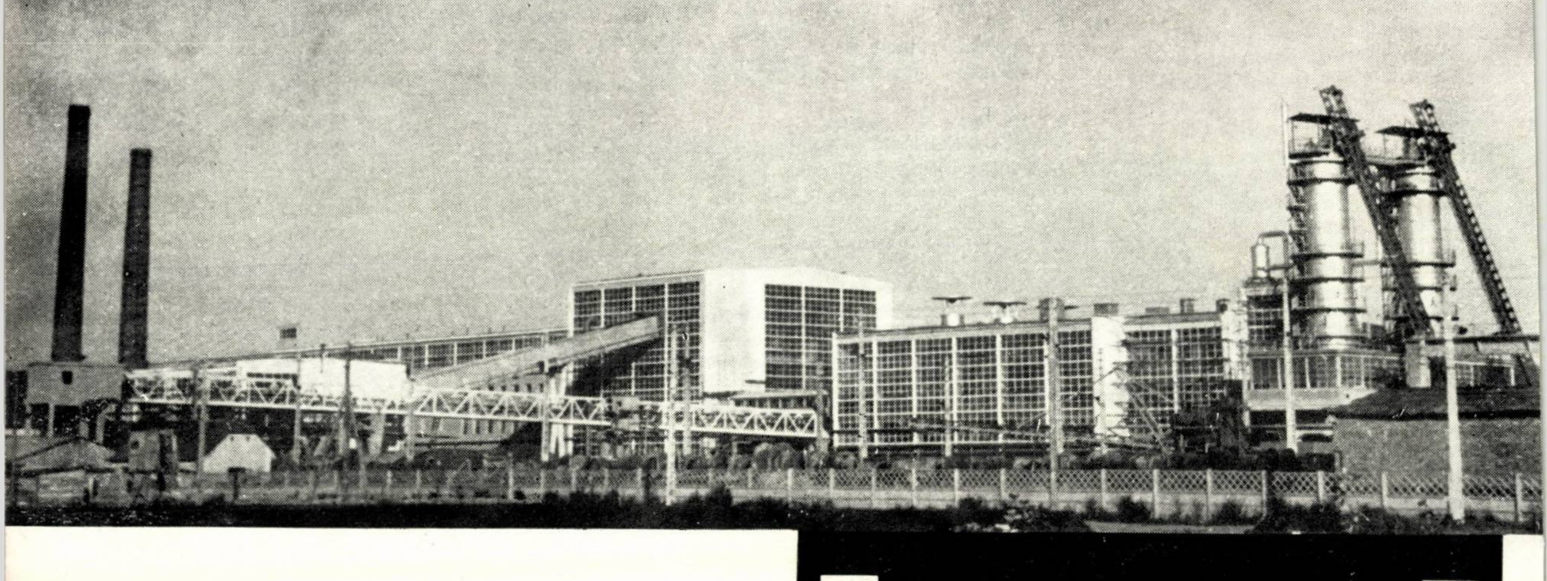
- **Zahăr tos**
- **Melasă**
- **Borhot uscat**

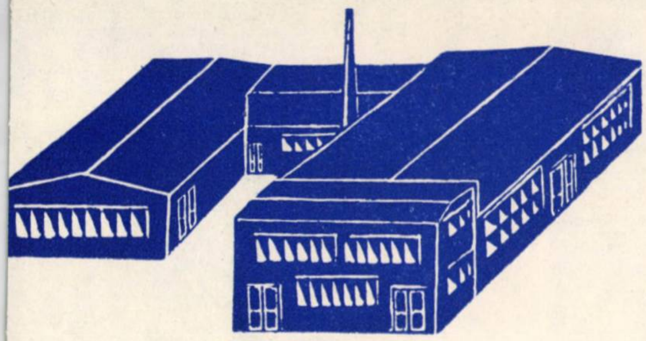
Capacitatea zilnică:

- **300 vagoane sfeclă prelucrată**

Proiectată de MIA — IPIA

FABRICA DE ZAHĂR
TG.-MUREȘ





FABRICA DE CONDUCTORI
DIN TIRGU-MUREȘ

EXECUTĂ:

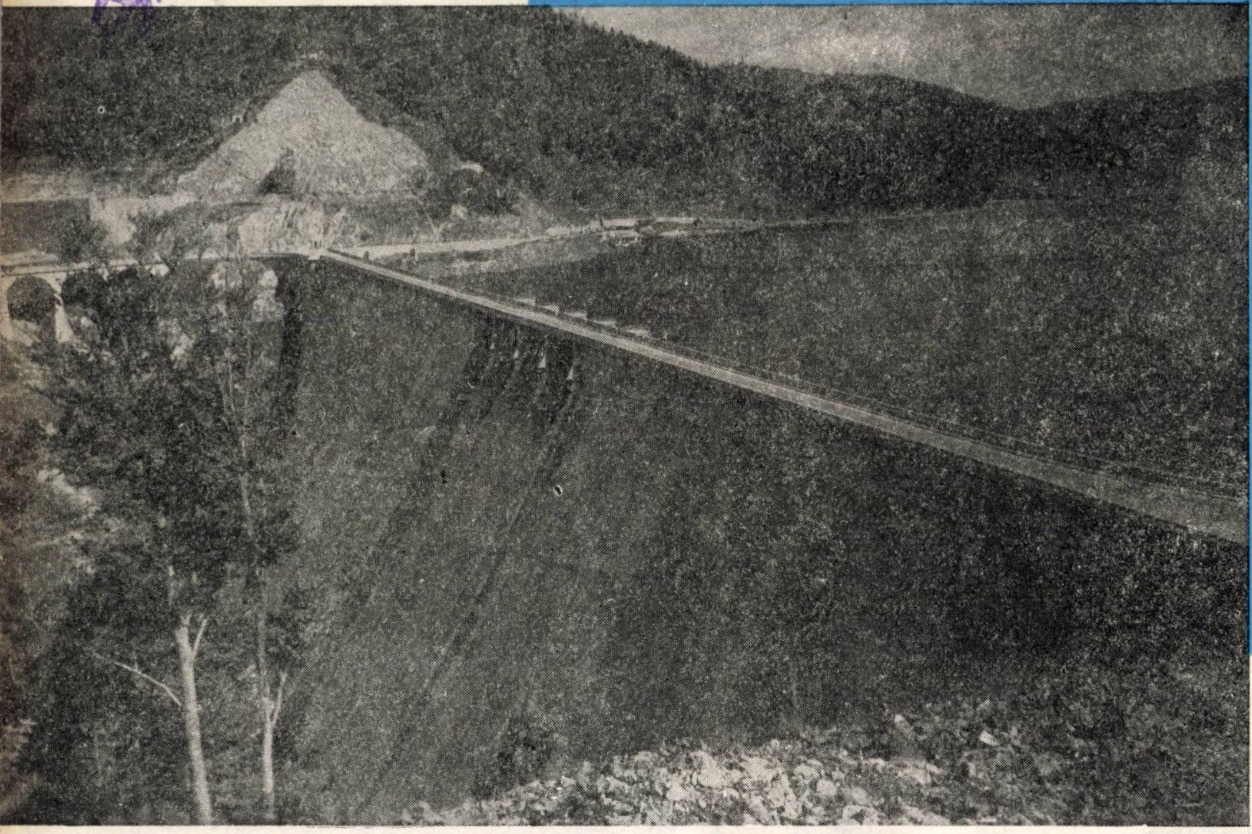
CONDUCTE, CABLURI ȘI CORDOANE ELECTRICE IZOLATE ÎN MASE PLASTICE COLORATE, UTILIZATE ÎN:

- instalații fixe de forță și de lumină (FY; AFY; AFYY)
- instalații mobile pînă la 350 V (MYsp; MYYM)
- instalații de telecomunicații (TY; TLY; TLYY; CRY; CC2Y)
- instalații electrice pe autovehicule (VLPY)

Comenzile se primesc la:

FABRICA DE CONDUCTORI — TG. MUREȘ

STR. MĂCINIȘULUI Nr. 1 TELEFON: 2792



INSTITUTUL DE STUDII
ŞI PROIECTĂRI HIDROENERGETICE
BUCUREŞTI

I.S.P.H.

intocmeşte

STUDII

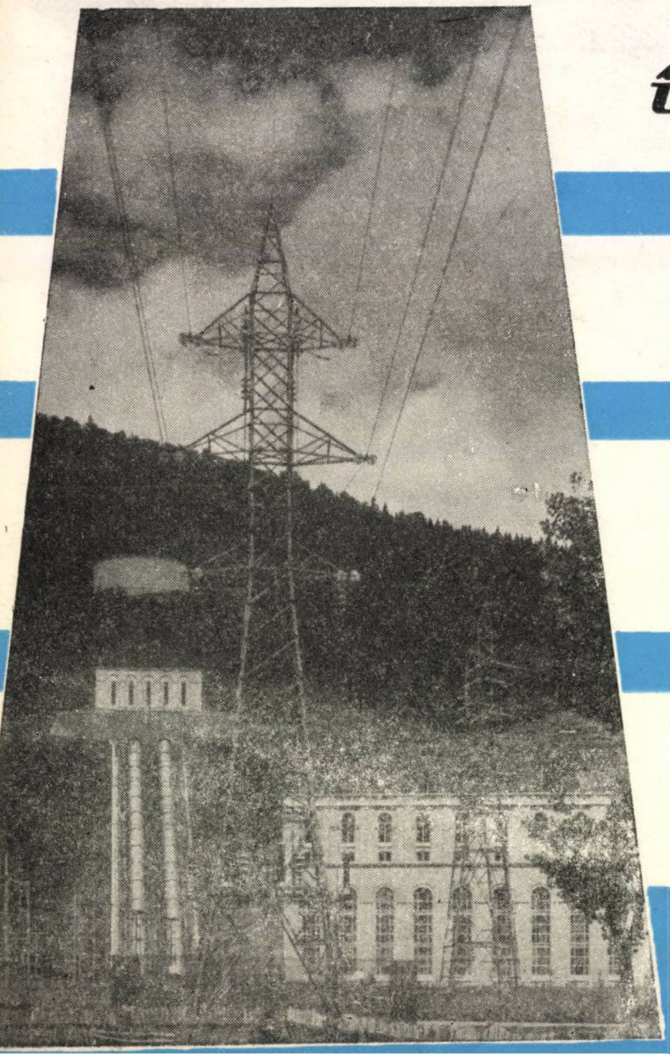
DE TEREN GEOLOGICE, GEOTEHNICE, HIDROLOGICE, GEODEZICE ŞI TOPOGRAFICE

PROIECTE

AMENAJĂRI DE COMPLEXE HIDROENERGETICE, UZINE HIDROELECTRICE (BARAJE, ADUCŢIUNI, CENTRALE ETC.)

CERCETĂRI

DE LABORATOR CU CARACTER GEOTEHNIC, PENTRU LIANŢI, BETOANE, CHIMISMUL APELOR, PE MODELE HIDRAULICE ŞI MODELE STRUCTURALE



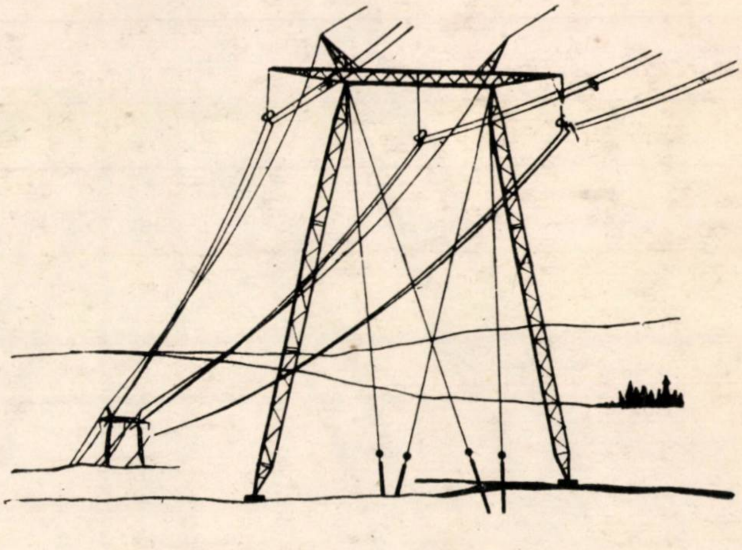
E 2039

R

ENERGETICA

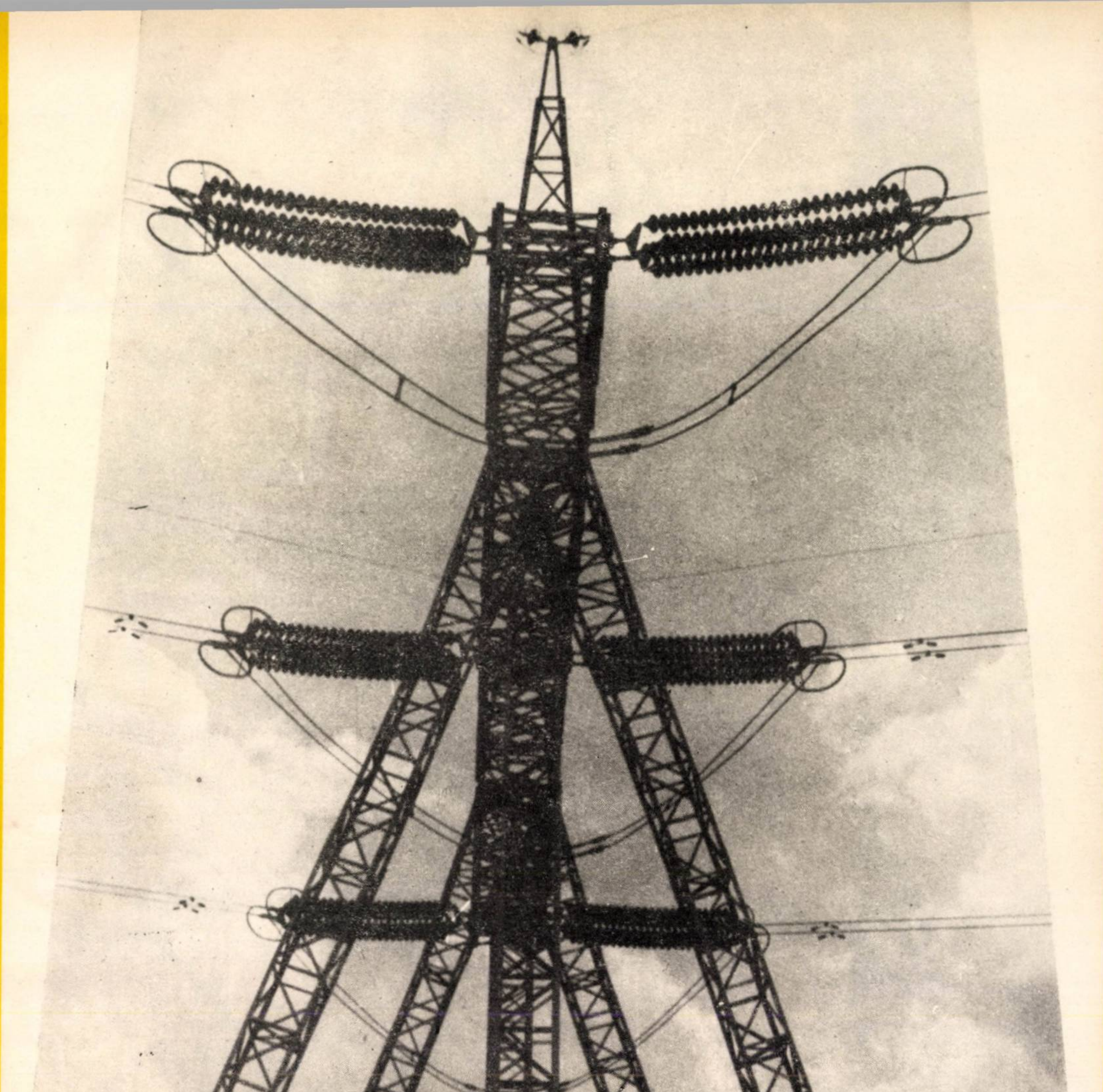
VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 7 ★ ENERGETICA

REFERÁLVA



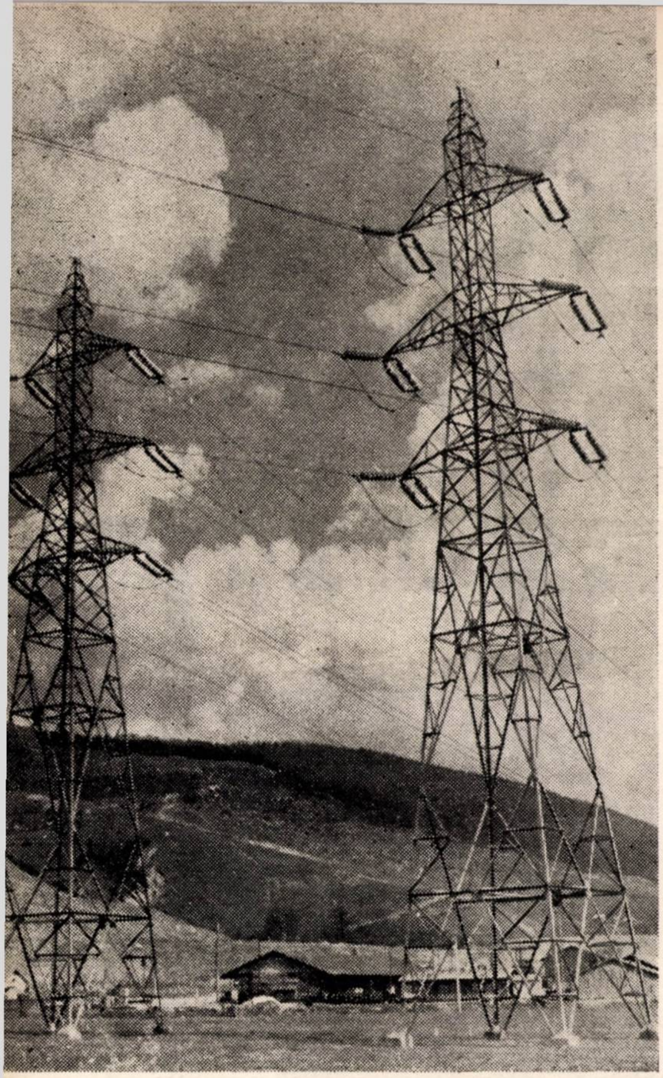
7

BUCUREȘTI ★ IULIE ★ 1964



I.R.E. MUREȘ

TG. MUREȘ — PIAȚA TRANDAFIRILOR Nr. 21 — TELEFON: 29.96



T C M E

TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unitățile sale de construcții și montaj:

- Centrale termoelectrice și de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Stații electrice și posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuție.
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați.
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice.
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție.

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.03

Intreprinderea electrocentrale DOICEȘTI

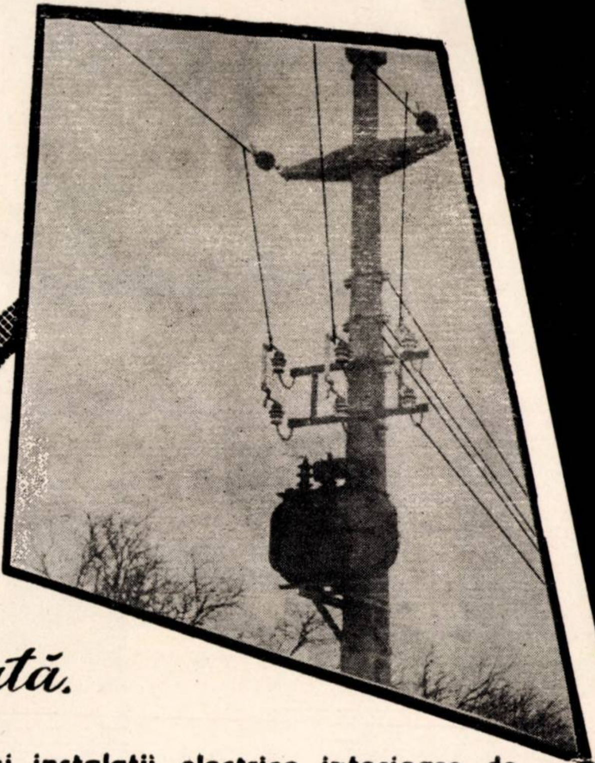
- Prima centrală termoelectrică de mare putere construită în cadrul Planului de electrificare 1951 — 1960
- Valorifică resurse de ligniți din țară, în special cei din zăcămintele din regiune
- Este interconectată la sistemul energetic, livrînd energie la 110, 35 și 6 kV
- Cenușa rezultată din arderea cărbunilor este utilizată pentru fabricarea de cimenturi speciale

I.E.

ŞIBIU

Construieşte

- Linii electrice aeriene de joasă tensiune
- Linii electrice subterane de joasă tensiune
- Linii electrice de înaltă tensiune şi posturi de transformare pentru electrificări rurale

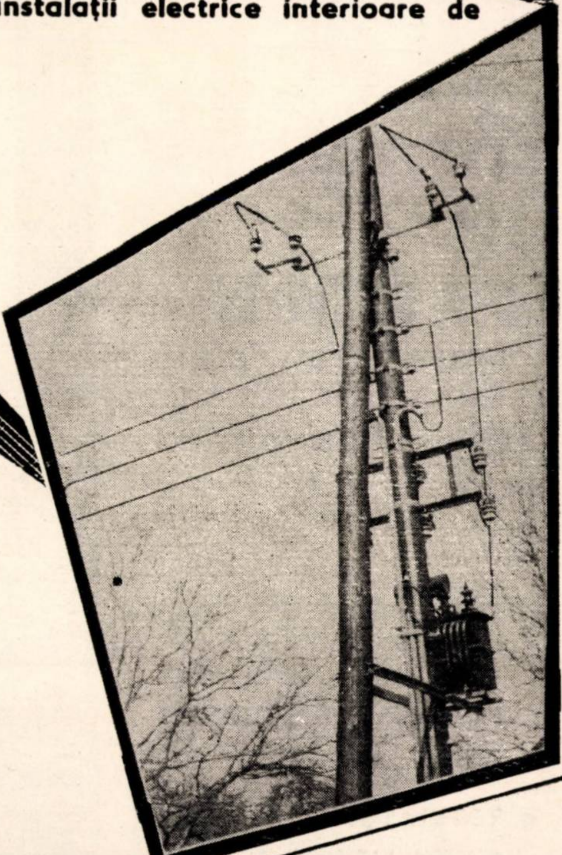


Execută.

- Branşamente şi instalaţii electrice interioare de lumină şi forţă

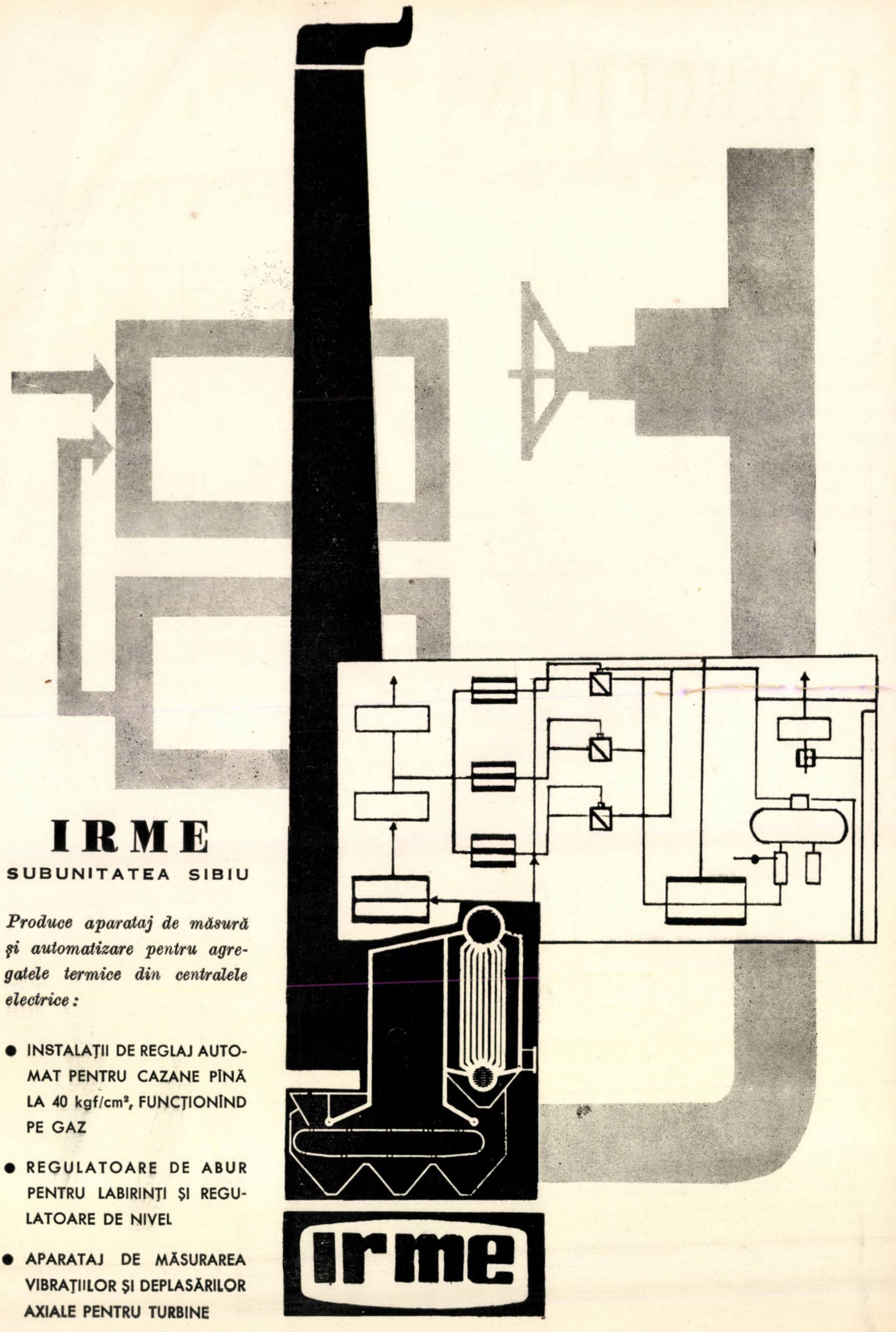
Repară

- Instalaţii electrice de lumină şi forţă la abonaţii din mediul rural



ÎNTREPRINDEREA DE ELECTRICITATE SIBIU

STR. UZINEI NR. 1—3 ● TELEFON 6050



IRME

SUBUNITATEA SIBIU

Produce aparataj de măsură și automatizare pentru agregatele termice din centralele electrice:

- INSTALAȚII DE REGLAJ AUTOMAT PENTRU CAZANE PÎNĂ LA 40 kgf/cm², FUNCȚIONÎND PE GAZ
- REGULATOARE DE ABUR PENTRU LABIRINȚI ȘI REGULATOARE DE NIVEL
- APARATAJ DE MĂSURAREA VIBRAȚIILOR ȘI DEPLASĂRILOR AXIALE PENTRU TURBINE

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 7 IULIE 1964

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

Cuprins

Pavel, D. : **Contribuţie la alegerea metodelor de dimensionare a turbinelor hidraulice** 301–310

Ferencz, A. : **Contribuţie la proiectarea şi îmbunătăţirea construcţiei etanşărilor cu labirinţi ale turbinelor cu abur, executaţi din lamele subţiri** 310–317

Ungureanu, C., Barbu, V., Bejan, I., Theil, H. şi *Ardelean, Z.* : **Cercetări privind funcţionarea injectorului de 2″ tip „Dinamo" Timişoara** 318–324

Marcu, V. şi *Vilan, M.* : **Posibilităţi de aplicare în sectorul energetic a metalizării prin pulverizare** 325–330

Centea, O. şi *Forje, Al.* : **Aspecte ale organizării lucrărilor de tratamente termice ale sudurilor de montaj în construcţia de centrale termoelectrice cu parametri de funcţionare ridicaţi** 331–335

IN AJUTORUL EXPLOATĂRII

Dragomir, R. : **Controlul fluajului în centralele termoelectrice** 335–339

DIN EXPLOATARE

Gheorghiu, I. : **Metodă practică pentru identificarea defectelor de izolaţie pe liniile de înaltă tensiune cu neutrul legat la pămînt** 340–344

RECENZII

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

GRUPUL ŞCOLAR ENERGETIC „IOSIF RANGHEŢ"

BUCUREŞTI

Creat în anul 1955 ca centru şcolar de energie electrică pe schema fostei şcoli medii electrotehnice înfiinţată în anul 1948, actualul Grup şcolar „Iosif Rangheţ" al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şcolarizează circa 1 600 elevi anual, cu următoarele forme de învăţămînt:

1. *Şcoala profesională* de ucenici cu specialităţile: electricieni centrale şi staţii (electricieni), staţii şi reţele (electricieni), lumină şi forţă, mecanici turbine cu abur (mecanici), motoare cu combustie internă şi strungari în metale.
2. *Şcoala tehnică pentru personal tehnic* cu specialităţile: electroenergetică, termoenergetică, construcţii hidrotehnice şi proiectanţi pentru industrie şi energetică.
3. *Şcoala tehnică pentru muncitori calificaţi* cu specialitatea electricieni aparate de radio şi televiziune.
4. *Şcoala tehnică de maiştri* cursuri de zi şi serale pentru specialităţile: electrician centrale, staţii şi reţele, termoenergetică, construcţii civile şi industriale şi electricieni lumină şi forţă.

Condiţiile bune materiale pe care le posedă Grupul şcolar, ca: laboratoare, ateliere, cabinete, tehnice, studio-cinema şi foto-amatori, bibliotecă, sală de sport, cămin, cantină, bloc sanitar, clădiri cu încăperi moderne şi confortabile, permit elevilor să-şi efectueze munca profesională, cît şi să-şi petreacă timpul liber în bune condiţii.

Grupul şcolar „Iosif Rangheţ" a dat producţiei mii de muncitori calificaţi, tehnicieni şi maiştri, din care foarte mulţi au devenit ingineri sau tovarăşi cu munci de răspundere în industria energetică, fapt ce se constată la întîlnirile tradiţionale ale absolvenţilor cu cadrele didactice.

De două ori consecutiv la concursul pe ţară în ramura energetică, Grupul şcolar „Iosif Rangheţ" a deţinut drapelul de şcoală fruntaşă.

Directorii de studii care au urmat cursurile de îndrumare metodică, organizate de Cabinetul metodic al Ministerului Învăţămîntului, au fost aduşi în Grupul şcolar „Iosif Rangheţ" pentru a asista la lecţiile model.

Numeroase delegaţii de cadre didactice din străinătate au fost invitate de către Ministerul Învăţămîntului şi Ministerul Minelor şi Energiei Electrice să viziteze grupul nostru şcolar. Din aceste delegaţii amintim pe cele din Anglia, Bulgaria, R.S.C., India, Polonia, Ungaria şi Uniunea Sovietică, delegaţii care au lăsat cuvinte elogioase în cartea de aur a şcolii.

Cadrele didactice selecţionate numără printre ele un profesor emerit, profesori de gradul II, profesori cu grade ştiinţifice superioare, care activează în societăţi ştiinţifice prin publicaţii în ţară şi în străinătate, mulţi dintre aceştia fiind şi autori de manuale didactice.

Toate aceste cadre, conştiente de misiunea lor, depun eforturi deosebite pentru a da patriei muncitori, tehnicieni şi maiştri cu un nivel profesional cît mai ridicat.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621. 24

Павел, Д.: **К вопросу выбора методов расчета гидравлических турбин.**

В статье проводится обобщение предыдущих работ, в которых автор рассматривал статистические методы предварительного расчета различных типов гидравлических турбин: Фрэнсиса, Каплана, Пельтона и др. Представленные уравнения пересматриваются в связи с развитием гидромеханики и разработкой новых конструкций турбин.

Energetica 12 (1964) № 7, стр. 301–310

ДК 621.165.001/2

Ференц, А.: **К вопросу проектирования и усовершенствования конструкции лабиринтовых уплотнений паровых турбин, изготовленных из тонких пластин.**

В статье предлагается наиболее подходящий термодинамический расчет для определения потерь пара через лабиринты турбины. Приводится подробный расчет режима давления в лабиринте, а затем расчет сопротивления.

Energetica 12 (1964), № 7, стр. 310–317

ДК 621. 69. 004

Унгуряну, К.: **Исследование раборы форсунок типа динамо-2-Тимишоара.**

Приводятся результаты относительно плотности жидкостного потока, тонкости и равномерности распыления, полученные при холодном испытании форсунки и выводятся заключения в связи с его работой и конструкцией.

Energetica 12 (1964), № 7, стр. 318–324

ДК 621.793: 621.311.2

Марку, В. и *Вилан, М.:* **Возможности применения металлизации путем напыления в энергетическом секторе.**

После изложения метода металлизации приводятся несколько областей применения в рамках предприятия ,,Энергорепарации''.

Energetica 12 (1964), № 7, стр. 325–330

ДК 621. 791. 5 : 621.311. 22.002. 7

Чентя О. и Форже АЛ,: **К вопросу организации работ по термообработке сваренных элементов при монтаже ТЭЦ с высокими параметрами работы.**

Дается обоснование необходимости использования комплексных легированных сталей в строительстве термоэлектрических станций. Приводятся подробные данные относительно этих сталей, а также описываются технологические режимы термообработки и дается краткое описание использованного оборудования.

Energetica 12(1964), № стр. 331–335

В ПОМОЩЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННИКАМ

ДК 621.311.22.004.6

Драготир, Р.: **Организация контроля для наблюдения за ползучестью на ТЭЦ.**

Energetica, 12 (1964), № 7, стр. 335–339

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ДК 621.316.13.004.64

Георгиу, И. **Практический метод обнаружения дефектов изоляции на высоковольтных линиях с заземленным нулем.**

В статье дается описание новых методов определения дефектов изоляции на высоковольтных линиях с заземленным нулем, а также указываются преимущества эксплуатации воздушных линий электропередачи на основе этих мероприятий.

Energetica 12 (1964), № 7, стр. 340–344

РЕЦЕНЗИИ

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.24

Pavel, D.: **Beitrag zur Auswahl der Bemessungsverfahren von Wasserturbinen.**

Der Aufsatz stellt eine Zusammenfassung der bisherigen, die statistischen Vorbemessungsverfahren von Wasserturbinen verschiedener Bauart (Francis, Kaplan, Pelton und Rohrturbinen) betreffenden Arbeiten des Verfassers dar. Die dargestellten Beziehungen wurden auf Grund neuer Erkenntnisse der Hydromechanik un der Entwicklung neuer Turbinentypen überprüft.

Energetica 12 (1964), H. 7, S. 301–310

DK 621.165.001/2

Ferencz, A.: **Beitrag zur Projektierung und baulichen Verbesserung der Dichtungen von aus dünnen Lamellen hergestellten Dampfturbinenlabyrinthen.**

Es wird ein thermodynamisches Berechnungsverfahren für Bestimmung von Dampfverlusten in Dampfturbinenlabyrinthen vorgeschlagen. Die Berechnung der Druckzustände in den Labyrinthen und die Festigkeitsberechnung werden eingehend behandelt.

Energetica 12 (1964), H. 7, S. 310–317

DK 621.69.004

Ungureanu, C., Barbu, V., Bejan, I., Theil, H. und *Ardelean, Z.:* **Untersuchung des Betriebs eines Injektorbrenners Bautype ,,Dinamo'' — Timişoara.**

Die Ergebnisse von Versuchen mit einem zweizolligen Injektorbrenner in Bezug auf Dichte des Brennstoffflusses sowie Feinheit und Gleichförmigkeit der Zerstäubung werden dargestellt und Schlüsse über den Betrieb und Bau des Brenners gezogen.

Energetica 12 (1964), H. 7, S. 318–324

DK 621. 793 : 621. 311.2

Marcu, V. und *Vilan, M.:* **Anwendungsmöglichkeiten von Metallspritzverfahren in Energiebetrieben.**

Darstellung des Metallspritzverfahrens und Beschreibung einiger Anwendungen innerhalb der Unternehmung ,,Energo-Reparaţii''.

Energetica 12(1964), H. 7, S. 325–330

DK 621791.7 : 621311.22.002.7

Centea, O. und *Forje, Al.:* **Über die Organisierung der Warmbehandlung von Montageschweissungen in Anlagen von Wärmekraftwerken mit hohen Parametern.**

Begründung der Verwendung von Edelstählen beim Bau von Wärmekraftwerken. Es werden der technologische Ablauf der Warmbehandlung und die angewandten Baumaschinen beschrieben.

Energetica 12 (1964), H. 7, S. 331–335

FÜR DEN BETRIEB

DK 621.311.22.004.6

Dragomir, R.: **Organisierung der Überwachung von Kriechvorgängen in Dampfkraftwerken.**

Energetica 12 ((1964), H. 7, S. 335–339

AUS DEN BETRIEBEN

DK 621.316.13.004.64

Gheorghiu, I.: **Praktisches Verfahren zur Bestimmung der Isolierungsschäden von Hochspannungsleitungen mit geerdetem Nullpunkt.**

Der Verfasser beschreibt einige neue Verfahren für Bestimmung von Isolierungsschäden bei Hochspannungsleitungen mit geerdetem Nullpunkt sowie die Vorteile der Organisierung des Betriebs von Freileitungsnetzen auf dieser Grundlage.

Energetica 12 (1964), H. 7, S. 340–344

BUCHBESPRECHUNGEN

DOKUMENTIERUNG

SOMMAIRE

CD 621.24

Pavel, D.: **Choix des méthodes pour la détermination des dimensions des turbines hydrauliques.**

L'article représente une synthèse des études antérieures de l'auteur concernant les méthodes statistiques pour prédéterminer les dimensions des différents types de turbines hydrauliques : Francis, Kaplan, Pelton, bulbe. Les relations présentées par l'auteur ont été établies à base du développement de la hydromécanique et l'apparition de nouveaux types de turbines.

Energetica 12 (1964), nr. 7, p. 301–310

CD. 621.165.001/2

Ferencz, A.: **Projet pour l'amélioration de la construction étanche des turbines à vapeur à l'aide des labyrinthes executés en tôles minces.**

L'article indique le calcul thermodynamique utilisable à la détermination des pertes de vapeur par les labyrinthes de la turbine. Le calcul du régime des pressions du labyrinthe et le calcul de résistance sont présentés en détail.

Energetica 12 (1964), nr. 7, p. 310–317

CD 621.69.004

Ungureanu, C., Barbu, V., Bejan, I., Theil, H. et Ardelean, Z.: **Etudes concernant le fonctionnement de l'injecteur 2" type „Dinamo" — Timişoara.**

L'auteur présente les résultats concernant la densité du flux du liquide, la finesse et l'uniformité de la pulverisation, obtenus par les essais à froid de l'injecteur. Les conclusions se réfèrent au fonctionnement et à la construction de l'injecteur.

Energetica 12 (1964), nr. 7, p. 318–324

CD 621.793.621.311.2

Marcu, V. et *Vilan, M.*: **Possibilités d'application dans le secteur énergétique de la métallisation par pulvérisation.**

Après avoir présenté la méthode de métallisation, l'auteur indique quelques applications effectuées à l'entreprise „Energo-Reparaţii".

Energetica 12 (1964), nr. 7, p. 325–330

CD 621.791.5 : 621.311.22.002.7

Centea, O. et *Forje, Al.*: **Quelques aspects de l'organisation des travaux de traitement thermique des soudures de montage des centrales thermiques à paramètres de fonctionnement élevés.**

Les auteurs expliquent la nécéssité d'utiliser les alliages complexes d'acier pour la construction des centrales thermiques. En continuation on indique quelques données sur ces aciers, on présente les régimes technologiques de traitement appliqués et on décrit l'outillage utilisé.

Energetica 12 (1964), nr. 7, p. 331–335

A L'AIDE DE L'EXPLOITATION

CD 621.311.22.004.6

Dragomir, R.: **Le contrôle du fluage dans les centrales thermiques.**

Energetica 12 (1964), nr. 7, p. 335–339

DE L'EXPLOITATION

CD 621.316.13.004.64.

Gheorghiu, I.: **Méthode pratique pour identifier les défauts d'isolation sur les lignes de haute tension avec neutre lié à la terre.**

L'article décrit quelques nouvelles méthodes pour déterminer des défauts d'isolation sur les lignes de haute tension avec neutre lié à la terre et les avantages de l'exploitation des lignes électriques aériennes ainsi surveillées.

Energetica 12 (1964), nr. 7, p. 340–344

COMPTES-RENDUS

DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.24

Pavel, D.: **Selection of methods for dimensioning hydraulic turbines.**

This article is a synthesis of the author's prior works on the statistical methods applied to the predimensioning of hydraulic turbines of various types : Francis, Kaplan, Pelton, bulb. The author has revised the relations on the basis of progress in hydromechanics and on new types of turbines.

Energetica 12 (1964), no. 7, p. 301–310

DC 621.165.001/2

Ferencz, A.: **Project for the improvement of thin blade labyrinth seals for steam turbines.**

The article comprises thermodynamic calculations for determining steam losses through turbine labyrinths. The calculation of the pressure conditions in the labyrinths and the analysis of stresses are discussed in detail.

Energetica 12 (1964) no. 7, p. 310–317

DC 621.69.004

Ungureanu, C., Barbu, V., Bejan, I., Theil, H. and Ardelean, Z.: **Investigations made on the operation of the injector 2", type Dinamo-Timişoara.**

The results obtained after investigating the liquid flow density, the uniformity and the fine pulverizing, obtained by testing the injector under no load, are presented in this article, followed by the conclusions drawn by the authors on the injector construction and operation.

Energetica 12 (1964), no. 7, p. 318–324

DC 621.793 :621.311.2

Marcu, V. and *Vilan, M.*: **The possibility of applying the metalising by pulverization in electrical works.**

Description of the metalising method and some applications made by „Energo-Reparaţii".

Energetica 12 (1964), no. 7, p. 325–330

DC 621.791.7 : 621.311.22.002.5

Centea, O. and *Forje, Al.*: **Some aspects on the organisation of heat treatment works applied to assembly weldings in thermal power stations with high operating parameters.**

The use of complex steel alloys in the construction of thermal power stations is discussed and found correct. The authors give some characteristics of these alloys and show the heat treatments applied, describing also the equipment used.

Energetica 12, (1964), no. 7, p. 331–335

AIDING THE EXPLOITATION

DC 621.311.22.004.6

Dragomir, R.: **Creep supervision organized in thermal power plants.**

Energetica 12 (1964), no. 7, p. 335–339

FROM THE EXPLOITATION

DC 621.316.13.004.64

Gheorghiu, I.: **Practical method for determining insulation faults on H. V. overhead lines with earthed neutral.**

New methods for discovering insulation faults in H. V. lines with earthed neutral and advantages obtained by applying these measures in organising the exploitation of overhead lines.

Energetica 12 (1964), no. 7, p. 340–344

REVIEWS

DOCUMENTATION

ENERGETICA

ANUL 12
1964
Nr. 7
IULIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL
CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Contribuție la alegerea metodelor de dimensionare a turbinelor hidraulice

Prof. dr. ing. **D. Pavel**

In prima fază a studiului unei turbine se stabilesc dimensiunile principale, care se corectează la proiectare pentru a realiza randamente optime, fără a depăşi investiția economică.

În decursul dezvoltării turbinelor contemporane, uzinele constructoare şi-au perfecționat necontenit metodele de dimensionare, atingînd randamente maxime de 0,9...0,94, la turbine mari. Metodele diferă de la o uzină la alta şi nu sînt publicate în literatură, care cuprinde metode aproximative propuse de diferiți autori. De aceea este firesc că pentru o turbină, cu căderea netă H (m) şi debitul Q (m^3/s), metodele conduc la dimensiuni diferite.

În intenția de a îmbogăți metodele de calcul, se propun metode pentru turbinele Francis, Kaplan, tubulare-bulb şi Pelton, a căror aplicabilitate se ilustrează prin exemple numerice.

1. Considerații economice privind gabaritele turbinelor

Diametrul caracteristic al rotorului D al turbinelor cu reacțiune este variabila care determină greutatea turbinei $G = \alpha D^{\beta}$, investiția $J_t = p_h G$ şi cheltuielile anuale $A_t = k_t J_t$, cu $k_t = a_t + \frac{1}{T_r}$ coeficientul tuturor cheltuielilor, inclusiv reproducția lărgită în T_r ani. Cheltuielile anuale se exprimă, astfel, în funcție de D:

$$A_t = k_t\, p_h\, \alpha D^{\beta} = C_t\, D^{\beta-\gamma}, \qquad (1)$$

în care s-au notat:

$p_h = \frac{c}{D^{\gamma}}$ — costul unitar pe kgf de turbină hidraulică, care variază — în valuta țării respective — de la o uzină constructoare la alta şi este descrescător cu cît D este mai mare (în U.R.S.S. s-a atins $D = 10$ m, la Saratov pe Volga);

$C_t = k_t\, \alpha c$ — un coeficient complex, diferit de la o țară la alta.

Cu cît creşte D, la aceleaşi QH, vor scădea pierderile de sarcină h_r în turbină:

$$h_r = 0{,}0826\, Q^2 \left[\sum_{1}^{i} \left(\frac{\lambda_x\, \Delta L_x}{D^5} \right) + \sum_{1}^{j} \left(\frac{\zeta}{D^4} \right) \right] \sim \frac{a}{D^5} + \frac{b}{D^4}.$$

Randamentul hidraulic al turbinei, $\eta_h = 1 - \frac{h_r}{H}$, va creşte deci o dată cu D şi invers; deci creşte şi randamentul total al turbinei:

$$\eta = \eta_v\, \eta_m\, \eta_h = \eta_v\, \eta_m \left(1 - \frac{a}{H D^5} - \frac{b}{H D^4} \right).$$

Energia produsă la bornele hidrogeneratorului se calculează din planul de exploatare cu T (h/an) $= \frac{E}{P_i}$ la unul din cele m-agregate ale centralei:

$$E = 9{,}81 \int_0^{8760} Q_c\, H \eta\, \mathrm{d}t \sim 9{,}81\, Q_i\, H\, \eta\, \eta_e \frac{T}{m} \sim$$

$$\sim 9{,}81\, QHT\, \eta\, \eta_e \left(\frac{k\mathrm{Wh}}{\text{an, agreg.}} \right).$$

Valoarea energiei electrice anuale, $A_e = pE = f(D)$, se exprimă prin (2), cu p (lei/kWh), concentrînd toți parametrii cunoscuți în constantele A, B, C, cu $\eta_e \sim 0{,}97$ — randamentul generatorului — şi $\eta_v\, \eta_m \sim 0{,}96$ pentru randamentul volumic η_v şi mecanic η_m:

$$A = 9{,}81\ QHT\, \eta_e\, \eta_v\, \eta_m\, p = 9{,}14\ QHTp;$$

$$B = 9{,}81\, QT\, \eta_e\, \eta_v\, \eta_m\, 0{,}0826\, Q^2 p \sum_{1}^{j} (\lambda_x\, \Delta L_x) =$$

$$= 0{,}755\, Q^3 Tp \sum_{1}^{j} (\lambda_x\, \Delta L_x);$$

$$C = 9{,}81\, QT\, \eta_e\, \eta_v\, \eta_m\, 0{,}0826\ Q^2 p \sum_{1}^{j} \zeta =$$

$$= 0{,}755\ Q^3 Tp \sum_{1}^{j} \zeta;$$

$$A_e = A - \frac{B}{D^5} - \frac{C}{D^4}. \qquad (2)$$

Diametrul optim economic se obține cînd $A_e - A_t$ devine minim:

$$\frac{\partial}{\partial D}(A_e - A_t) = \frac{\partial}{\partial D}\left(A - \frac{B}{D^5} - \frac{C}{D^4} - C_t\, D^{\beta-\gamma}\right) =$$

$$= \frac{5\,B}{D^6} + \frac{4\,C}{D^5} - (\beta-\gamma)\; C_t\, D^{\beta-\gamma-1} = 0.$$

Prin înmulțirea cu $-D^6$ se exprimă relația (3), a cărei soluție este D-optim:

$$(\beta-\gamma)\; C_t\, D^{\beta-\gamma+5} - 4\; CD - 5\; B = 0. \quad (3)$$

Coeficienții α, β, γ trebuie stabiliți pentru fiecare tip de turbină Francis, Kaplan, bulb, iar parametrii $p\; C_t$ au valori cunoscute, dar diferite de la o țară la alta; celelalte mărimi se calculează direct din datele de bază QH.

Pe baza relației (3) pot fi trase următoarele concluzii:

— dimensiunile oricărui tip de turbină trebuie să satisfacă condiția economicității;

— metodele cunoscute în literatură sînt riguros valabile numai în condițiile economiei țării respective;

— un diametru caracteristic din turbină este dat de soluția minimului unei relații, de exemplu (3); deci nu trebuie considerat ca o valoare absolută, deoarece, în jurul unui minim, variabila D are o zonă economică cu $\pm \frac{\Delta D}{D}$ în jurul lui D-optim, fără ca „venitul—cheltuielile anuale" să sufere o creștere sensibilă;

— între dimensiunile turbinei, după ofertele diferitelor uzine constructoare, se constată abateri pînă la $\pm 5\%$;

— metodele statistice, bazate pe analiza unui mare număr de turbine construite — la care s-au obținut performanțe bune — conduc la soluții mai certe decît metodele deduse pe alte căi.

2. Metoda statistică pentru turbinele Francis

2.1. *Expresia diametrelor*

Metoda propusă a fost dezvoltată inițial în cursul autorului din anul 1929, însă a fost perfectată succesiv prin studiile [1]...[4], prin analiza statistică a peste o sută turbine Francis de diferite subtipuri. Totodată ea se verifică și la cele mai moderne turbine.

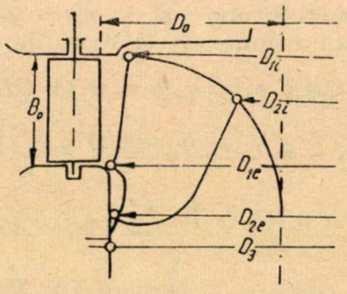


Fig. 1. Schema notațiilor la turbine Francis.

Ilustrarea metodei se face pentru D_3 sub rotor (fig. 1), dar s-a extins la toate dimensiunile. Componenta meridiană a vitezei absolute $c_{m3} = k_3 \sqrt{2gH}$ se introduce în ecuația continuității, care conduce la D_3:

$$Q = \frac{\pi}{4} D_3^2\, c_{m3} = \frac{\pi}{4} D_3^2\, k_3 \sqrt{2gH};$$

$$D_3 = f_3\,(n_s)\, \frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}};$$

$$Q_1' = \frac{Q}{D_3^2 \sqrt{H}}; \quad D_3 = \frac{1}{\sqrt{Q_1'}}\, \frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}};$$

$$k_3 = 0{,}287\; Q_1'; \quad f_3\,(n_s) = \frac{0{,}536}{\sqrt{k_3}}.$$

Pe de altă parte, toate diametrele se calculează sub forma generală (4), urmînd a stabili pentru fiecare D funcția $f\,(n_s)$:

$$D = f\,(n_s)\, \frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}}. \qquad (4)$$

2.2. *Rapiditatea și debitul de calcul*

Rapiditatea $n_s = n\, \frac{P^{0,5}}{H^{1,25}}$, cunoscută și sub denumirea de turație specifică a modelului, cu $P = 1$ CP și $H = 1$ m, caracterizează tipul turbinei: Francis lent — $n_s = 80...150$; normal — $150...250$; rapid — peste 250. La un anumit H, o înălțime de aspirație $H_s > 0$, în variantă de contrapresiune $H_s < 0$ (rotorul scufundat sub nivelul aval), n_s trebuie să rămînă sub o anumită limită, de la care, în sus, turbina intră în regim de cavitație.

Coeficientul cavitației introdus de Thoma, $\sigma = \frac{H_b - H_s}{H}$, se propune:

$$\sigma = \frac{H_b - H_s}{H} \geqslant 0{,}022\;\; \mathrm{e}^{0{,}007\, n_s},$$

din care rezultă, cu $H_b = 10{,}33 - \frac{A}{900} - \frac{p_v}{\gamma}$ — înălțimea barometrică, la A altitudine, $\frac{p_v}{\gamma}$ de vaporizare, H_s definit mai sus și lg—logaritmul zecimal:

$$n_s \leqslant 329\; \lg\left[\frac{45{,}45}{H}\,(H_b - H_s)\right]. \qquad (5)$$

La rotorul amplasat deasupra nivelului aval $H_s > 0$, crescător, va scădea n_s admisibil și invers, la contrapresiunea $H_s < 0$ crescătoare va crește n_s, ca și n rot/min, ceea ce reduce investiția agregatului. Rapiditatea reală fiind legată de turația $n = \frac{3\,000}{p}$ — sincronă, se va alege primul n_s mai mic, ca să fie $n = n_s \frac{H^{1,25}}{P^{0,5}}$ — sincron electric.

Dacă debitul unei turbine, $Q = \frac{Q_i}{m}$, este cel corespunzător debitului instalat Q_i în centrala cu m-agregate, atunci debitul de calcul Q_c, care corespunde randamentului maxim (fig. 2), se propune a fi calculat din (5′) :

$$Q_c = [0,74 + (0,001\, n_s)^2]\, Q, \text{ m}^3/\text{s}. \qquad (5')$$

2.3. *Calculul dimensiunilor*

Funcţia $f(n_s) = D\,\frac{H^{0,25}}{Q^{0,5}}$ din (4) a rezultat din analize statistice, cu notaţiile din figura 1, pentru fiecare dimensiune cu o altă relaţie (6) :

$$\left.\begin{array}{l}
f_{1e}=0,3 + \frac{160}{n_s} + 0,000\,000\; n_s^2\,; \\[2ex]
f_{1i}=f_{1e} \text{ la } n_s<150 \text{ şi } f_{1i}=\frac{215}{n_s}-0,04 \text{ la } n_s>150\,; \\[2ex]
f_{2e}=0,7 + \frac{83}{n_s}-\frac{1\,000}{n_s^2}\,;\; f_{2i}=\frac{74}{n_s}+0,17\,; \\[2ex]
f_3 = \frac{64}{n_s}+0,78\,;\; f_0=0,34+\frac{162}{n_s}+0,000001\,n_s^2 \\[2ex]
b_0 = \frac{B_0}{D_{1e}} =0,05\; n_s^{0,5} - 0,001\; n_s - 0,27.
\end{array}\right\} \quad (6)$$

Cu aceste funcţii se calculează diametrele aferente, $D = f\,\frac{Q^{0.5}}{H^{0,25}}$, şi înălţimea statorului, $B_0 = b_0 D_{1e}$, şi se proiectează — în continuare — organele turbinei.

Aplicaţia 1. Se verifică relaţiile (6) pentru patru turbine construite, iar tabela 1 arată funcţiile $f(n_s)$ calculate şi cele reale, cu $\varepsilon\%$ abaterea formulelor faţă de cele reale.

Abaterile rezultă cînd pozitive, cînd negative, ceea ce arată că relaţiile (6) sînt juste, după cum confirmă alte numeroase verificări.

2.4. *Alte mărimi necesare proiectării*

Numărul palelor rotorului z şi statorului z_0, rezultate din analize, sînt indicative şi se ajustează la proiectare :

$$z = (0,8\; n_s^{0,5} + 4)\; D_{1e}^{0,25}\,; \quad z_0 = z \pm (1\ldots 2) \quad (7)$$

Numărul agregatelor m, aspiraţia H_s, căderea netă H şi delimitarea tipurilor de turbine se tratează în comunicarea „Calculul economic al echipamentelor hidroenergetice", unde se demonstrează G — greutatea turbinei şi G_F — agregat complet, cu hidrogenerator şi anexe hidromecanice :

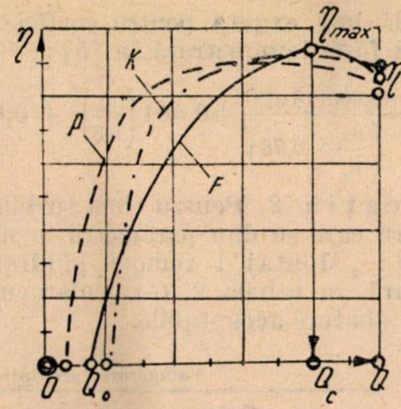


Fig. 2. Precizarea regimului de funcţionare cu randament maxim.

$$G = \frac{3\,300\; P^{0.875}}{H^{1,312}\left[\lg \frac{45,45}{H}\,(H_b - H_s)\right]^{1,173}} =$$

$$= \frac{2\,950\,000\; P^{0.875}}{H^{1,312}\; n_s^{1,173}}, \quad \frac{\text{kgf}}{\text{turbină}}. \qquad (8)$$

Tabela 1

Comparaţia funcţiilor dimensiunilor calculate cu cele reale ale turbinelor Francis

Turbina	Fionnay-Elveţia			ČKD I-Cehoslovacia			ČKD II-Cehoslovacia			Dnieproghes-U.R.S.S.		
H, m	455			220			98			36,3		
P, CP	62 800			5 250			13 000			102 000		
n, $\frac{\text{rot}}{\text{min}}$	750			1 000			600			83,3		
n_s	89,6			85,5			222			298,5		
—	calcul	real	ε%	calcul	real	ε%	calcul	real	ε%	calcul	real	ε%
f_{1e}	2,089	2,086	+0,14	2,177	2,200	−1,04	1,046	1,180	−4,6	0,8806	0,879	+0,18
f_{1i}	2,089	2,086	+0,14	2,177	2,200	−1,04	0,929	0,968	−4,0	0,680	0,684	−0,58
f_{2e}	1,502	1,507	−0,33	1,534	1,502	+2,10	1,054	1,097	−3,9	0,973	0,954	−1,99
f_{2i}	0,996	0,996	0	1,035	1,020	+1,47	0,507	0,520	−3,27	0,418	0,418	0
f_3	1,494	1,507	−0,86	1,528	1,500	+1,87	1,068	1,116	−4,46	0,994	0,968	+2,68
f_0	2,158	2,180	−1,01	2,242	2,305	−2,73	1,119	1,135	−1,41	0,972	0,916	+6,11
B_0/D_{1e}	0,1138	0,1148	−0,87	0,1065	0,100	+6,5	0,252	0,246	+2,44	0,300	0,320	−6,25

$$G_F = 3\,300\left(1{,}7 - \frac{0{,}1078\,P^{0{,}25}}{H^{0{,}375}\,F^{0{,}335}}\right)\frac{P^{0{,}875}}{H^{1{,}312}\,F^{1{,}173}} + \\ + 6\,050\left(\frac{P}{n}\right)^{0{,}75},\ \frac{\text{kgf}}{\text{agregat}}. \qquad (9)$$

$$F = \lg\left[\frac{45{,}45}{H}(H_b - H_s)\right] = \frac{n_s}{329}$$ și greutatea unitară

$$g = 1{,}4\frac{G}{P} = \frac{4\,130\,000}{P^{0{,}125}\,H^{1{,}312}\,F^{1{,}173}};\quad g_F = 1{,}4\frac{G_F}{P},\ \frac{\text{kgf}}{\text{kW}} \qquad (10)$$

O formulă mai exactă pentru coeficientul cavitației a fost demonstrată în [5]:

$$\sigma = \frac{0{,}000113\,n_s^{1{,}25}}{\left(\frac{64}{n_s} + 0{,}78\right)^4} + 0{,}004\left(\frac{n_s}{100}\right)^2 + 0{,}03. \qquad (11)$$

Aplicația *2*. Pentru cinci turbine Francis, pentru care se dau parametrii în manualul Fiterman: „Montaj i remont ghidroturbin'', se compară, în tabela 2, G-calculat cu G_r-real, care dau abateri acceptabile.

3.2. *Dimensiunile turbinei Kaplan*

După metodologia asemănătoare celei din alineatul 2.2. au rezultat următoarele funcții pentru diametre și alte dimensiuni liniare ale turbinei Kaplan:

$$\left.\begin{aligned} f &= 0{,}37 + \frac{270}{n_s};\\ f'_0 &= 0{,}385 + \frac{390}{n_s} - 0{,}00001\,n_s;\\ b_0 &= \frac{B_o}{D} = 0{,}13 + 0{,}01\,n_s^{0{,}5};\\ d_b &= \frac{D_b}{D_b} = 0{,}34 + \frac{1\,500}{n_s^{1{,}5}};\\ d'_b &= \frac{D'_b}{D} \sim 1{,}1\,d_b\\ h &\sim (0{,}25\ldots0{,}3)\,D. \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

Numărul palelor rotorului, indicativ pentru prima fază de studiu, s-a găsit:

$z = 2 + 0{,}9\,H^{0{,}9} - 0{,}01\,H$, la $H \geqslant 12$m,

Compararea greutății turbinelor Francis: G după (8), cu G_r — real *Tabela 2*

Turbina	1	2	3	4	5
P, CP	102 000	68 000	56 300	15 800	1 600
H, m	36,3	132	240	342	70
H_b, m	10	9,71	9,58	9,46	9,55
H_s, m	0	−3	−3,8	−3	+1
$F = \lg\left[\frac{45{,}45}{H}(H_b - H_s)\right]$	1,0975	0,6415	0,4014	0,2253	0,7443
G_r, kgf	640 000	146 000	100 000	41 000	12 200
G — calculat	638 500	144 160	101 900	41 710	12 000
$\varepsilon = \frac{G - G_r}{G_r}$, %	−0,23	−1,26	+1,90	+1,73	−1,67

3. Metoda statistică pentru turbinele Kaplan

3.1. *Rapiditatea turbinelor Kaplan*

Pe baza coeficientului cavitației $\sigma = \frac{H_b - H_s}{H}$, analizat la 55 turbine Kaplan, construite mai recent, rapiditatea nu trebuie să depășească:

$$n_s \leqslant \frac{30\,000}{24 + H\,\frac{H_b + 1{,}5}{H_b - H_s}} - 100;$$

$$H_s \leqslant H_b - \frac{H\,(H_b + 1{,}5)}{\frac{30\,000}{n_s + 100} - 24}. \qquad (12)$$

Rapiditatea reală va fi primul n_s mai mic decît cel dat de (12), astfel ca să realizeze turația sincronă:

$$n = n_s\frac{H^{1{,}25}}{P^{0{,}5}} = \frac{3\,000}{p}. \qquad (13)$$

iar la căderi mici: $z = 3$, la $H \leqslant 4$ și $z = 4$ la $H = 5\ldots10$ m.

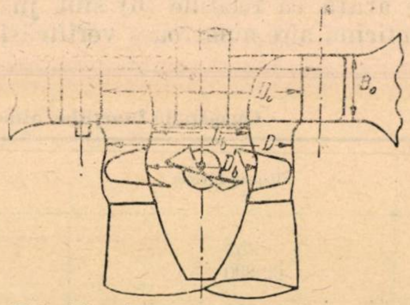


Fig. 3. Notațiile dimensiunilor turbinei Kaplan.

3.3. *Alți parametri ai turbinelor Kaplan*

În studiul [5] s-a demonstrat o relație mai precisă pentru coeficientul cavitației la turbine Kaplan și bulb:

$$\sigma \geqslant \frac{0{,}0526}{\left(\frac{0{,}6}{n_s^{0{,}03}} + 0{,}0003\,n_s^{0{,}97}\right)^2\left(0{,}37 + \frac{270}{n_s}\right)^4} + \\ + 0{,}0015\left(\frac{n_s}{100}\right)^3 + 0{,}08 \qquad (15)$$

Greutatea turbinei G, aceea a agregatului complet G_K și cele unitare g și g_K, demonstrate în comunicarea ,,Calculul economic al echipamentelor hidroenergetice”, sînt valabile la spirala din beton armat.

$$G = 25\,000\, A^{1,75} \frac{P^{0,875}}{H^{1,312}} \tag{16}$$

$$A = 0,1077 + \frac{0,786}{\dfrac{300}{24+H\dfrac{11,5}{10-H_s}}-1} = 0,1077+\frac{78,6}{n_s}$$

$$G_K = 25\,000\left(1,41-\frac{A^{0,5}P^{0,25}}{H^{0,375}}\right)\frac{A^{1,75}\,P^{0,875}}{H^{1,312}} + $$

$$+6\,050\left(\frac{P}{n}\right)^{0,75} \tag{17}$$

$$g = 1,4\frac{G}{P} = \frac{35\,000\, A^{1,75}}{P^{0,125}\, H^{1,312}},\quad \frac{\text{kgf}}{\text{kW}\cdot\text{turb.}};$$

$$g_K = 1,4\,\frac{G_K}{P},\quad \frac{\text{kgf}}{\text{kW.agreg.}}. \tag{18}$$

Aplicația 3. Relațiile (14) de dimensionare $D=f(n_s)\frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}}$ au fost verificate la numeroase turbine construite, cu $H < 30$ m, și nu depășesc toleranța de ± 5%. În ultimul timp au fost construite turbine Kaplan pentru căderi mai mari. În tabela 3 se verifică metoda la două turbine—Barcis și Slapy, cu H mare, și pentru alte trei turbine construite de U.M. Reșița. Abaterile dimensiunilor calculate, față de cele reale, sînt suficient de mici, ceea ce denotă că relațiile (14) sînt juste.

Aplicația 4. Pe baza datelor a șase turbine Kaplan, din care cele pentru nr. 3 la 6 sînt extrase din manualul Fiterman, citat mai sus, se compară G al turbinei fără anexe cu G real. Abaterea $\varepsilon = \frac{G-G_r}{G_r}\%$ rezultă pozitivă, în alte cazuri negativă (tabela 4), ceea ce arată că relațiile lui G și G_r sînt juste în faza de studii.

4. Metoda statistică pentru turbinele tubulare-bulb

4.1. *Calculul dimensiunilor principale*

În ultimul timp s-au dezvoltat noi turbine elicoidale de tipul bulb, în domeniul căderilor mici, care conduc la reducerea investiției totale în centrală cu 20...30%, față de soluția cu Kaplan.

Tabela 3

Compararea relațiilor de calcul la turbine Kaplan construite

Turbina	Barcis (Escher Wyss)			Slapy (ČKD Cehoslovacia)		
H, m	52			50		
Q, m³/s	20,5			100		
P, $\frac{\text{CP}}{\text{turb.}}$	12 500			59 000		
n, $\frac{\text{rot}}{\text{min}}$	500			230,8		
n_s	400			420		
—	calcul	real	ε%	calcul	real	ε%
D, m	1,76	1,80	−2,22	3,78	3,70	+2,16
D_b,m	0,558	0,578	−3,58	1,93	1,93	0
D_0,m	2,29	2,29	0	4,46	4,90	−8,98
B_0,m	0,58	0,60	−3,33	1,25	1,20	+4,16

Turbina	Piatra N. ; Buhuși			Zănești ; Roznov ; Costișa			Pîngărați ; Racova		
H, m	15,3			20,18			14,5		
Q, m³/s	42			43			90		
P, $\frac{\text{CP}}{\text{turb.}}$	7580			10 250			15 400		
n	214,2			250			136,6		
n_s	616			592			598		
—	calcul	real	ε%	calcul	real	ε%	calcul	real	ε%
D	2,65	2,60	+1,92	2,57	2,75	−6,55	4,00	4,10	−2,44
D_b	1,16	1,17	−0,85	1,14	1,24	−8,06	1,77	1,64	+7,92
D_0	3,30	3,04	+8,55	3,22	3,20	+0,62	4,97	4,75	+4,63
B_0	1,00			0,96			1,50		

Tabela 4

Compararea greutății turbinelor Kaplan: G-calculat cu G_r-real

Turbina	1	2	3	4	5	6
P, CP	1 500	4 630	17 000	20 400	62 600	88 400
H, m	10,2	20	17,5	13	14	15,5
H_s, m	−1,5	−0,8	−3,0	−4,0	−3,0	−1,5
A	0,2087	0,2460	0,2267	0,2100	0,2127	0,2267
G_r, kgf	44 000	68 000	221 300	312 500	827 400	1 181 800
G−calculat	45 400	68 000	214 000	328 500	820 000	1 123 000
$\varepsilon = \frac{G - G_r}{G_r}$, %	+3,18	0	−3,30	+5,12	−0,89	−4,97

În [6] s-au propus relații pentru funcțiile de dimensionare, cu notațiile din figura 4:

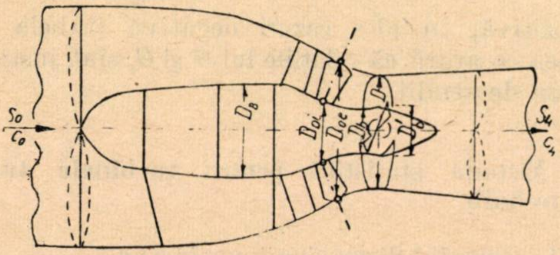


Fig. 4. Schema turbinei tubulare bulb.

$$n_s \leqslant \frac{63\ (10 - H_s) - H}{0{,}05217\ (10 - H_s) + 0{,}025\ H} = n\ \frac{P^{0,5}}{H^{1,25}} \quad (19)$$

$$f = 0{,}37 + \frac{237}{n_s} + \frac{17\,500}{n_s^2}; \quad D = f\ \frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}} \quad (20)$$

$$f_b = 0{,}1024 + \frac{96}{n_s} + \frac{448}{n_s^2} + \frac{420\,000}{n_s^{2,5}};$$

$$D_b = \left(0{,}32 + \frac{1\,400}{n_s^{1,4}}\right) D. \quad (21)$$

$$D_{0i} = (0{,}32 + 0{,}00036\ n_s)\ D \quad (22)$$

$$D_{0e} = (0{,}84 + 0{,}0005\ n_s)\ D \quad (23)$$

$$D_B \geqslant (1{,}1 - 0{,}0003\ n_s)\ D \quad (24)$$

Secțiunile de intrare în confuzor S_0 și la ieșirea din difuzor S_4 (m²) sînt:

$$S_0 = \frac{Q}{0{,}8 + 0{,}1\sqrt{H}}; \quad S_4 = \frac{Q}{1 + 0{,}3\sqrt{H}},\ \text{m}^2 \quad (25)$$

Calculul aspirației $H_s > 0$, sau contrapresiunii $H_s < 0$, se propune a se efectua după relația, dedusă din condiții economice (la $H < 15$ m):

$$H_s = 1 - 0{,}25\ H \quad (26)$$

Aplicația 5. În tabela 5 se compară diametrul rotorului D-calculat după relația:

$$D = 0{,}37 + \frac{237}{n_s} + 17\,500$$

cu acela real pentru 20 turbine bulb construite recent. Cu steluțe s-au notat cele construite de Escher Wyss, cu multiplicator de turație.

Se observă că abaterile ε% pozitive și negative sînt mici și D-calculat reprezintă medii bune pentru faza de anteproiect.

4.2. *Calculul greutății turbinei bulb*

Analog ca la Kaplan, turbinele bulb fiind tot elicoidale, se notează funcția caracteristică a rapidității $A = 0{,}1077 + \frac{78{,}6}{n_s}$ și se calcu-

Tabela 5

Compararea diametrului rotorului bulb: D-calculat cu D_r-real

Turbina centralei	P, CP	Q, m³/s	H, m	n, $\frac{\text{rot}}{\text{min}}$	n_s	D_r	D	$\frac{D - D_r}{D_r}$ %
Verdun	327	9,7	3,13	176,5	766	1,65	1,64	−0,61
Osberghausen*	530	6,5	7,25	312	604	1,30	1,26	−3,08
R. Tunnyan*	780	9,7	6,70	270	699	1,45	1,44	−0,69
Weilheim*	783	15,6	4,35	186	830	1,80	1,86	+3,33
Finsing	1 016	9,9	8,65	375	806	1,30	1,274	−2,00
Puhos*	1 087	20,0	4,50	150	755	2,20	2,194	−0,27
Lartige	1 090	7,5	13,5	500	638	1,12	1,122	+0,18
Castet	1 100	14,5	7,0	250	729	1,65	1,703	+3,21
Reutte*	1 690	24,0	6,07	166,7	720	2,20	2,28	+3,63
Rüchlig*	1 835	47,0	3,30	75	722	3,70	3,72	+0,54
Buckenhofen	2 050	35,0	5,18	166,7	966	2,45	2,484	+1,43
Lech III	5 331	47,5	9,4	166,7	742	2,85	2,844	−0,21
Trier*	6 000	99,5	5,08	78	793	4,60	4,625	+0,54
Cambeyrac	7 000	56,0	10,7	150	650	3,10	3,20	+3,23
Detzem*	8 000	95,3	7,0	100	786	4,20	4,20	0
Beaumont	12 000	94,2	11,3	150	794	3,80	3,69	−2,89
St. Malo	12 250	225,0	4,8	88,25	1 375	5,80	5,59	−3,62
Rance	13 600	183,0	6,5	93,75	1 054	5,35	5,20	−2,80
Argentat	19 250	101,0	16,5	150	626	3,80	3,95	+3,95
Kiev	22 000	245,0	7,7	88,25	1 020	6,00	5,82	−3,00

lează, după [6], greutatea turbinei G şi aceea a întregului agregat, inclusiv generatorul escamotat în bulb, G_g. La bulb cu multiplicator de turaţie $i = n_g/n$ (obişnuit 2 la 4), se dă G_{gi}:

$$G = 42\,000\ A^{1,75}\ \frac{P^{0,875}}{H^{1,712}}\ \text{kgf} \tag{27}$$

$$G_g = 3\,000\left(\frac{P}{n}\right)^{0,75} + 120\,000\left(\frac{n}{P}\right)^{0,25} \tag{28}$$

$$G_{gi} = k\left(3\,000 + 120\,000\,\frac{n}{P}\right)\left(\frac{P}{in}\right)^{0,75}\cdot \tag{29}$$

Pentru $i = 2$ se propune $k = 1,1$ şi pentru $i = 4$ coeficientul $k = 1,2$, aşa că întregul agregat are $G_B = G + G_g$ (sau $G'_B = G + G_{gi}$ cu multiplicator de turaţie). Gospodăriile anexe nu intră în G, dar se adaugă un spor de 5 la 15% (la turbine cu $P > 20\,000$ se ia 5% şi la puteri mici $P < 1\,000$ CP se ia 15%).

Aplicaţia 6. Pentru patru turbine bulb se calculează (tabela 6) G şi se compară cu G_r real. Abaterile $\varepsilon = \frac{G - G_r}{G_r}\ \%$ între greutatea agregatului, G-calculat şi G_r-real sînt cuprinse între -2 şi $+10\%$. Nefiind cunoscute în literatură încă suficiente date asupra greutăţii turbinelor bulb, metoda mai trebuie perfectată.

Tabela 6

Compararea greutăţii agregatului bulb: G_B-calculat cu G_{Br}-real

Agregat bulb în centrala		St. Malo	Rance	Kiev	Kama (proiect)
Datele uzinei constructoare	H, m	4,8	6,5	7,7	9,0
	P, CP/turbină	12 250	13 600	22 000	28 600
	$n = n_g$, $\frac{\text{rot}}{\text{min}}$	88,25	93,75	88,25	93,75
	G_{Br}, kgf/agregat	644 000	496 000	595 000	650 000
Calculat	$n_s = n\,\frac{P^{0,5}}{H^{1,25}}$	1375	1054	1020	1019
	$A = 0,1077 + \frac{78,6}{n_s}$	0,1649	0,1823	0,1847	0,1848
	G — turbină	476 610	360 460	435 370	405 710
	G_g — generator	153 300	160 290	218 200	246 330
	$G_B = G + G_g$	629 910	520 750	653 570	652 040
	$\frac{G_B - G_{Br}}{G_{Br}}$, %	−2,19	+4,99	+9,83	+0,31

5. Metodă statistică pentru turbinele cu acţiune Pelton

5.1. *Calculul diametrelor caracteristice*

O turbină Pelton proiectată pentru căderea netă H (m) şi debitul Q (m³/s turb.) are M injectoare, conform (33), diametrul d_0 al unei vine de apă şi diametrul D_0 — de atac, la care este tangentă axa vinei la rotor:

$$d_0 = \frac{0,542}{M^{0,5}}\,\frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}}; \tag{30}$$

$$D_0 = 84,6\ k_u\,\frac{H^{0,5}}{n}\cdot \tag{31}$$

S-a notat $k_u = \frac{u}{\sqrt{2g\,H}} = f\,(n_s)$ — coeficientul vitezei periferice, care are valorile indicate la pct. 5.2. Raportul D_0/d_0 se obţine din n_s:

$$n_s = n\,\frac{P^{0,5}}{H^{1,25}} = 3,65\ n'_1\sqrt{Q'_1\,\eta} = 576\ k_u\,\frac{d_0}{D_0}\sqrt{M\psi\eta}.$$

Cu valorile medii $\psi = 0,97$ şi $\eta = 0,9$ rezultă:

$$\frac{D_0}{d_0} = 538\ M^{0,5}\,\frac{k_u}{n_s}\cdot \tag{31'}$$

5.2. *Greutatea turbinei şi a agregatului tip Pelton*

Greutatea turbinei fără anexe, G, depinde de organele fixe şi cele rotitoare, de parametrii d_0, D_0 şi M-injectoare, sub forma generală:

$$G = (\alpha\,D_0 + \beta\,d_0)^{\gamma}\text{, kgf}. \tag{32}$$

Din relaţiile hidromecanice, combinate cu cele statistice, bazate pe analiza a 40 de turbine Pelton construite, rezultă:

$\alpha \sim \frac{8}{k_u}$, cu $k_u = 0,478$; $0,465$; $0,444$; $0,432$; $0,425$ la $n_s = 5$, respectiv 10; 20; 30; 40;

$\beta \sim 195\ M^{0,5}$, cu M — numărul injectoarelor turbinei (de la caz la caz, 1 la 5), determinat de condiţia constructivă $d_0 \leqslant 0,2$ m, după ecuaţia continuităţii pentru un injector:

$$\frac{Q}{M} = \frac{\pi}{4}\,d_0^2\,\psi\sqrt{2g\,H},\ \text{cu}\ d_0 \leqslant 0,2:$$

$$M \geqslant \frac{4Q}{\pi\,0,2^2\,\psi\sqrt{2gH}} \geqslant 7,4\,\frac{Q}{H^{0,5}}\cdot \tag{33}$$

Se alege, față de (33), primul număr întreg mai mare, iar dacă M depășește 5, se mărește numărul agregatelor în centrală.

Pentru exponent s-a obținut $\gamma = 2{,}5$ și astfel pot fi calculate:

$$G = \left(\frac{8}{k_u} D_0 + 195\ M^{0,5} d_0\right)^{0,5} =$$

$$= \left(677 \frac{H^{0,5}}{n} + 106 \frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}}\right)^{2,5};$$

$$P = \frac{\gamma}{75} QH\eta \sim 11{,}8\, QH; \quad Q^{0,5} = 0{,}292 \left(\frac{P}{H}\right)^{0,5};$$

$$G = \left(677 \frac{H^{0,5}}{n} + 30{,}9 \frac{P^{0,5}}{H^{0,75}}\right)^{2,5} =$$

$$= 5\,300 \left(22 \frac{H^{0,5}}{n} + \frac{P^{0,5}}{H^{0,75}}\right)^{2,5}, \quad \frac{\text{kgf}}{\text{turb.}}. \tag{34}$$

Pentru agregat, inclusiv hidrogenerator și anexe hidromecanice, va fi, cu $n \sim 20\ M^{0,5} \dfrac{H^{1,25}}{P^{0,5}}$:

$$G_P = \left(7\,310 \frac{P^{1,25}}{H^{1,875}} - 22{,}5 \frac{P^{2,75}}{H^{4,125}}\right)\left(\frac{1{,}1}{M^{0,5}} + 1\right)^{2,5} +$$

$$+ \frac{640\ P^{1,125}}{M^{0,375}\ H^{0,938}}, \quad \frac{\text{kgf}}{\text{agreg.}}. \tag{35}$$

$$g_P = 1{,}4 \frac{G_P}{P} = \left(\frac{10\,240\ P^{0,25}}{H^{1,875}} - \frac{31{,}5\ P^{1,75}}{H^{4,125}}\right)\left(\frac{1{,}1}{M^{0,5}} + 1\right)^{2,5} +$$

$$+ \frac{896\ P^{0,125}}{M^{0,375}\ H^{0,938}}, \quad \frac{\text{kgf}}{\text{kW.agreg.}}. \tag{36}$$

Cînd crește căderea, scade g_P foarte pronunțat, însă va crește puțin o dată cu creșterea puterii P. Introducînd și costul construcției centralei, la creșterea lui P (la același H), g_P va atinge un optim economic.

6. Contribuție la metoda similitudinii turbinelor

Dimensionarea unei turbine se mai face prin similitudinea cu un model de laborator, sau cu o altă turbină mare, construită, avînd performanțe bune. Uzinele constructoare au perfectat metodele similitudinii, care nu sînt publicate.

6.1. *Relații de similitudine la turbinele Francis, Kaplan și bulb*

Se notează parametrii modelului cu indicele m. Similitudinea în cazul special, cînd $n_s = n_{sm}$ și $\eta = \eta_m$, este simplă și cunoscută. În cazul general, cînd n_s diferă de n_{sm}, însă nu mai mult decît ±5%, iar randamentul η diferă de η_m al modelului, se dezvoltă relațiile:

$$\frac{n_s}{n_{sm}} = \frac{n}{n_m} \left(\frac{P}{P_m}\right)^{1/2} \left(\frac{H_m\,\eta_m}{H\,\eta}\right)^{5/4}. \tag{37}$$

$$\frac{P}{P_m} = \left(\frac{D}{D_m}\right)^2 \left(\frac{H\,\eta}{H_m\,\eta_m}\right)^{3/2} \tag{38}$$

Se introduce radicalul din (38) în (37) și se obține (39), care stabilește $D = \lambda D_m$, $B = \lambda B_m$, etc., λ fiind parametrul similitudinii:

$$\frac{n_s}{n_{sm}} = \frac{n\,D}{n_m\,D_m} \left(\frac{H\,\eta}{H_m\,\eta_m}\right)^{3/4} \left(\frac{H_m\,\eta_m}{H\,\eta}\right)^{5/4}$$

$$\lambda = \frac{D}{D_m} = \frac{n_s\,n_m}{n_{sm}\,n} \left(\frac{H\,\eta}{H_m\,\eta_m}\right)^{1/2}$$

$$D = D_m \frac{n_s\,n_m}{n_{sm}\,n} \left(\frac{H\,\eta}{H_m\,\eta_m}\right)^{1/2} = D_m \left(\frac{Q}{Q_m}\right)^{1/2} \left(\frac{H_m\,\eta_m}{H\,\eta}\right)^{1/4} \tag{39}$$

6.2. *Similitudinea expresiei randamentului turbinelor cu reacțiune*

Randamentul turbinei $\eta = \eta_h\ \eta_v\ \eta_{mec}$ și al modelului $\eta_m = \eta_{hm}\ \eta_{vm}\ \eta_{mec\,m}$ se compun din η_h — hidraulic, η_v-volumic și η_{mec}-mecanic. În [7] s-au analizat diferitele pierderi și componentele randamentului, stabilindu-se relația similitudinii:

$$\eta = \left(0{,}98 - \frac{0{,}1}{P^{1/4}}\right)\Bigg[1 -$$

$$- \left(1 - \frac{\eta_m}{0{,}98 - \dfrac{0{,}1}{P_m^{1/4}}}\right)\left(\frac{1 + D}{1 + D_m}\right) \frac{Q^2\ H_m\ D_m^5}{Q_m^2\ H\ D^5}\Bigg]. \tag{40}$$

Aplicația 7. Turbina Francis are, la regimul de calcul (cel cu η_{max}), datele $Q = 7{,}08$ m³/s și $H = 200$ m, din care rezultă, cu $\eta = 0{,}9$ estimat:

$$P = \frac{\gamma}{75} QH\eta = 17\,000 \text{ CP};$$

$$D = \frac{1}{H^{0,25}} \left(\frac{Q}{Q'_1}\right)^{0,5} = 1{,}84 \text{ m}.$$

Modelul ales PO-128, sovietic, are $Q_m = 0{,}19$; $H_m = 4$ m; $D_m = 0{,}8$ m; $Q'_1 = 0{,}14$; $P_m = 86$ CP și $\eta_{max\,m} = 0{,}85$. Cu relația (40) se obține:

$$\eta_{max} = \left(0{,}98 - \frac{0{,}1}{17\,000^{1/4}}\right)\Bigg[1 -$$

$$- \left(1 - \frac{0{,}85}{0{,}98 - \dfrac{0{,}1}{86^{1/4}}}\right)\left(\frac{1 + 1{,}84}{1 + 0{,}8}\right) \frac{7{,}08^2 \cdot 4 \cdot 0{,}8^5}{0{,}19^2 \cdot 200 \cdot 1{,}84^5}\Bigg] = 0{,}904.$$

Aplicația 8. Turbina Kaplan, cu $Q = 23{,}5$ m³/s și $H = 7$ m, are, la $\eta_{max} = 0{,}905$ estimat, $P = 2\,000$ CP și $D = \dfrac{1}{H^{0,25}} \left(\dfrac{Q}{Q'_1}\right)^{0,5} = 2{,}43$ m.

Se alege drept model PL—70 sovietic, cu $Q_m = 0{,}623$; $H_m = 3{,}85$ m; $P_m = 27$ CP; $D_m = 0{,}46$ m; $Q'_1 = 1{,}5$; $\eta_{max\ m} = 0{,}845$ și, aplicînd relația (40), se recalculează $\eta_{max} = 0{,}902$.

6.3. *Relațiile similitudinii turbinelor Pelton*

În cazul special, $n_s = n_{sm}$; $n_1' = n_{1m}'$; $\eta = \eta_m$, se exprimă succesiv relațiile:

$$n_1' = \frac{n D}{\sqrt{H}}; \quad n_{1m}' = \frac{n_m D_m}{\sqrt{H_m}};$$

$$\lambda_r = \frac{D_0}{D_{0m}} = \frac{n_1'}{n_{1m}'} \frac{n_m}{n} \left(\frac{H}{H_m}\right)^{1/2} = \frac{n_m}{n} \left(\frac{H}{H_m}\right)^{1/2}.$$

În cazul general, $n_s \neq n_{sm}$ cu $< \pm 5\%$; $\eta \neq \eta_m$, se obține pentru rotor:

$$\frac{n_1'}{n_{1m}'} = \frac{n_s}{n_{sm}}; \quad D_0 = \lambda_r D_{0m}; \quad \lambda_r = \frac{n_s n_m}{n_{sm} n} \left(\frac{H \eta}{H_m \eta_m}\right)^{1/2}$$

$$D_0 = D_{0m} \frac{n_s n_m}{n_{sm} n} \left(\frac{H \eta}{H_m \eta_m}\right)^{1/2}. \tag{41}$$

Oricare alte dimensiuni ale rotorului și cupelor se calculează cu λ_r:

$$B = \lambda_r B_m; \quad L = \lambda_r L_m \text{ etc.}$$

Pentru dimensiunile d ale statorului (injector, deflector, distribuitor), se stabilește similitudinea cu un alt λ_s, dedus din Q_1':

— în cazul special $n_s = n_{sm}$; $\eta = \eta_m$

$$Q_1' = \frac{Q}{d^2 \sqrt{H}}; \quad Q_{1m}' = \frac{Q_m}{d_m^2 \sqrt{H_m}};$$

$$\lambda_s = \frac{d}{d_m} = \left(\frac{Q_{1m}' Q}{Q_1' Q_m}\right)^{1/2} \left(\frac{H_m}{H}\right)^{1/4}$$

— în cazul general $n_s \neq n_{sm}$; $\eta \neq \eta_m$;

$$\frac{Q_{1m}'}{Q_1'} \sim \left(\frac{n_{sm}}{n_s}\right)^2:$$

$$\lambda_s = \frac{n_{sm}}{n_s} \left(\frac{Q}{Q_m}\right)^{1/2} \left(\frac{H_m \eta_m}{H \eta}\right)^{1/4}; \quad d = \lambda_s d_m;$$

$$d = d_m \frac{n_{sm}}{n_s} \left(\frac{Q}{Q_m}\right)^{1/2} \left(\frac{H_m \eta_m}{H \eta}\right)^{1/4}. \tag{42}$$

6.4. *Recalcularea randamentului turbinei Pelton*

Analog ca în 6.2., însă cu particularitățile turbinelor cu acțiune, s-a dedus relația similitudinii randamentului:

$$\eta = \left(0{,}99 - \frac{0{,}15}{P^{1/4}}\right) \left[1 - \left(1 - \frac{\eta_m}{0{,}99 - \frac{0{,}15}{P_m^{1/4}}}\right) \left(\frac{Q_m}{\sqrt{H_m}} \frac{\sqrt{H}}{Q}\right)^{1/8}\right]. \tag{43}$$

Aplicația 9. Turbina Pelton monorotoare $M = 1$, cu $Q = 2{,}5$ m/s, $H = 361$ m și $n = 333{,}3$ rot/min, în funcțiune în R.P.R., a avut ca model: $Q_m = 0{,}8$; $H_m = 225$; $n_m = 375$ și $\eta_m = 0{,}88$ (maxim la regimul de calcul).

Se estimează $\eta = 0{,}9$ și puterile:

$$P = \frac{\gamma}{75} Q H \eta = 8\,660 \text{ CP}; \quad n_s = n \frac{P^{0,5}}{H^{1,25}} = 19{,}65$$

$$P_m = 13{,}33 \cdot 0{,}8 \cdot 225 \cdot 0{,}88 = 2\,110 \text{ CP}; \; n_{sm} = 19{,}75.$$

Se calculează parametrii similitudinii (41), (42) și randamentul după (43):

$$\lambda_r = \frac{19{,}65 \cdot 375}{19{,}75 \cdot 333{,}3} \left(\frac{361 \cdot 0{,}9}{225 \cdot 0{,}88}\right)^{1/2} = 1{,}43;$$

$$\lambda_s = \frac{19{,}75}{19{,}65} \left(\frac{2{,}5}{0{,}8}\right)^{1/2} \left(\frac{225 \cdot 0{,}88}{361 \cdot 0{,}9}\right)^{1/4} = 1{,}57$$

$$\eta = \left(0{,}99 - \frac{0{,}15}{8\,660^{1/4}}\right) \left[1 - \left(1 - \frac{0{,}88}{0{,}99 - \frac{0{,}15}{2\,110^{1/4}}}\right) \left(\frac{0{,}8}{\sqrt{225}} \cdot \frac{\sqrt{361}}{2{,}5}\right)^{1/8}\right] = 0{,}896 \sim 0{,}9.$$

Concluzii

Pe baza ecuațiilor hidromecanice, combinate cu relații statistice, se propun metode statistice, respectiv de similitudine, utile proiectării turbinelor de orice fel.

Calculul economic al gabaritelor unei turbine (alineatul 1), demonstrează că dimensiunile economic optime depind de unii parametri, care variază de la o țară la alta. Aplicarea metodelor, cunoscute în literatură sau la uzinele constructoare, este riguros justă numai în țara respectivă, fapt pe care practica proiectării nu îl ia în considerare.

Din motivul precedent și al empirismului aplicat, se constată — la compararea multor oferte pentru aceeași turbină — că dimensiunile, greutatea și randamentele diferă între ele uneori pînă la ±10%.

Aplicarea metodelor analitice-statistice propuse — afectate și ele de toleranța medie de ±5% — are avantajul posibilității studierii anteproiectelor, în numeroase variante, economisind timp de proiectare. De asemenea, rezultatele obținute sînt obiective, deoarece la diferitele variante studiate se aplică aceleași relații matematice, în consecință raportul între variante este comparabil.

În alineatele 2 și 3 se propun metode de proiectare a turbinelor Francis și Kaplan, iar în 4 — a turbinelor bulb, respectiv în 5 — a turbinelor Pelton. De asemenea se amplifică metodele similitudinii. Cele 9 aplicații arată că folosirea metodelor este comodă și suficient de precisă.

Asemenea metode trebuie necontenit revăzute, pentru a ține pas cu dezvoltarea hidromecanicii și cu apariția de noi tipuri de turbine.

Bibliografie

[1] Pavel, D. *Contribuţie la dimensionarea turbinelor.* Revista Hidrotehnica nr. 3/1956.

[2] Pavel, D. *Methoden zur Vordimensionierung der Parameter von WT.* Waterturbines Conference Brno, 1958, Rap. C—3.

[3] Pavel, D. *Uj módszerek réstúlnyomásos turbinák jellemzö adatainak meghatározására.* Hidrológiai Közlöny 2/1958, Budapest.

[4] Pavel, D. *Berechnung der wirtschaftlichen Fallhöhen der Wasserkraftwerke.* Buletin Institutul Politehnic Bucureşti nr. 3/1961.

[5] Pavel, D. *Asigurarea turbinelor împotriva cavitaţiilor.* Revista Hidrotehnica nr. 7/1960.

[6] Pavel, D. *Metoda dimensionării turbinei bulb.* Revista Hidrotehnica nr. 4/1963.

[7] Pavel, D. *Generalizarea metodei de calcul al randamentului turbinelor.* Revista Hidrotehnica nr. 1/1953, Bucureşti.

Contribuţie la proiectarea şi îmbunătăţirea construcţiei etanşărilor cu labirinţi ale turbinelor cu abur, executaţi din lamele subţiri

Ing. A. Ferencz

Odată cu dezvoltarea rapidă a centralelor termoelectrice, sînt necesare cantităţi tot mai mari de combustibil. Este natural că în asemenea condiţii îmbunătăţirea randamentului agregatelor din centrale termoelectrice devine tot mai arzătoare. În această acţiune, un rol deosebit îl are ridicarea randamentului turbinelor cu abur. Începînd cu perfecţionarea profilului paletelor de lucru şi directoare, pînă la folosirea izolaţiilor termice cu calităţi superioare, toate problemele, mai mult sau mai puţin importante din punctul de vedere al îmbunătăţirii randamentului, se studiază cu un interes deosebit de către constructori şi cercetători.

Unul dintre factorii care contribuie în mod substanţial la scăderea randamentului turbinei este debitul de abur pierdut prin etanşările terminale ale turbinei. Prin ridicarea presiunii iniţiale a aburului, pierderile prin etanşările terminale de înaltă presiune devin foarte pronunţate.

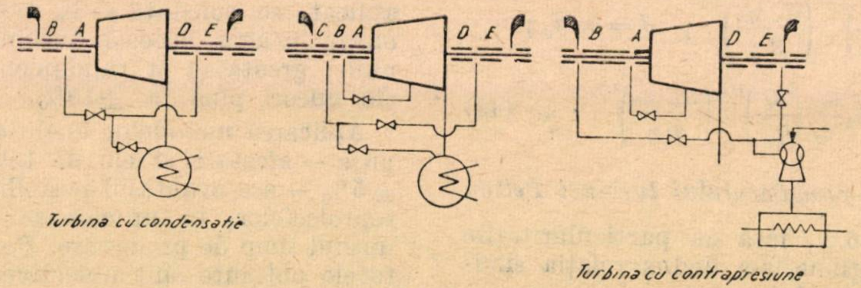


Fig. 1.

Pentru recuperarea parţială a pierderilor de abur prin etanşări, au fost concepute o serie de soluţii constructive. În figura 1 sînt indicate schemele principiale, cele mai frecvent folosite, ale conductelor de abur în timpul funcţionării.

Există numeroase sisteme şi soluţii foarte variate, cum ar fi, de exemplu, cele cu folosirea recuperatoarelor de abur etc. Unele sisteme pot avea un efect de recuperare destul de bun, însă cea mai eficace măsură rămîne reducerea la minimum a aburului scăpat prin prima porţiune, *A* (fig. 1), a labirinţilor de înaltă presiune. În cazul turbinelor cu contrapresiune, acelaşi lucru este valabil şi pentru labirinţii din spate (regiunea *D*).

Actualmente există o varietate foarte mare de etanşări cu diferite profile de labirinţi, a căror descriere amănunţită este dată în literatura de specialitate [1], [5], [8], [10]. Multe uzine constructoare de turbine cu abur folosesc diferite regulatoare pentru îmbunătăţirea funcţionării sistemului de etanşări cu labirinţi. Pentru turbinele cu abur cu parametri ridicaţi, se folosesc de obicei regulatoare electronice. Aceste regulatoare menţin un regim de funcţionare cît se poate de favorabil.

În ultimele decenii, multe firme constructoare de turbine, din considerente economice şi de exploatare, au adoptat sistemul de etanşări cu labirinţi cu mustăţi din lamele, executate din tablă subţire din oţel incorodal moale (la UCM Reşiţa din 8C 155 conform STAS 3583—56), cu o grosime de 0,2—0,4 mm.

Construcţia acestor labirinţi este arătată în figura 2. Executarea lamelelor este foarte simplă : fie prin rulare, fie prin trefilare. La nevoie pot fi folosite metode şi mai simple. Acest tip de labirint prezintă în exploatare o siguranţă mai mare decît celelalte tipuri, deoarece în caz de atingere cu statorul lamelelor se uzează fără nici o consecință. Această particularitate prezintă avantaje mari, mai ales pentru centrale mici cu personal cu calificare mai slabă.

Luînd în considerare avantajele sistemului de labirinți cu lamele subțiri, UCM Reșița a aplicat acest sistem la turbinele fabricate în ultimul timp. Dimensiunile profilului acestui tip de etanșare rezultă din figura 2, *a*. Profil similar este indicat în literatura tehnică [5] și folosit de o serie de uzine constructoare de turbine cu abur. În afară de turbinele cu abur, acest tip de labirinți și-a găsit o întrebuințare largă în construcția de turbosuflante și turbocompresoare.

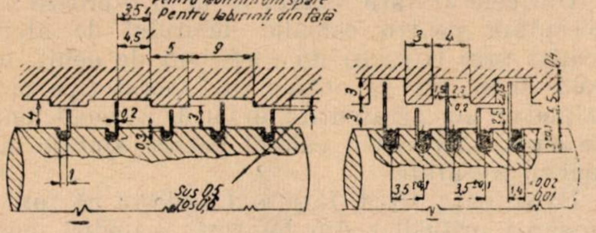


Fig. 2.

În exploatarea turbinelor UCM Reșița, prevăzute cu tipul de labirinți sus-amintit, după scurt timp de funcționare s-a observat creșterea debitului de abur scurs, mai ales prin labirinții de înaltă presiune. Această creștere a debitului de abur s-a observat în mod evident în cazul turbinelor cu contrapresiune. Creșterea debitului de abur scăpat prin labirinți nu s-a putut măsura decît prin creșterea comparativă a consumului de abur al turbinei.

În afară de creșterea consumului de abur, ca o consecință a mai apărut și un alt inconvenient, și anume : pătrunderea aburului în cutia lagărului din față, deci apariția apei în ulei. În urma unei analize temeinice s-au descoperit cauzele creșterii debitului de abur scăpat prin labirinți. Prin cîteva modificări constructive, deficiențele sus-amintite au fost eliminate.

Dacă se analizează construcția etanșărilor cu labirinți folosită de diferite uzine constructoare de turbine, se poate constata că în majoritatea cazurilor se acceptă etanșări cu mustăți rezistente. Din această cauză, literatura de specialitate nu se ocupă de obicei de dimensionarea lamelelor sau mustăților pe bază de calcul de rezistență. Astfel, proiectarea etanșărilor cu labirinți se face numai pe baza calculelor termodinamice și a spațiului disponibil ce rezultă din anteproiect, ca și pe baza experienței de proiectare.

Datorită faptului că lamelele de labirinți executate din tablă subțire au o rezistență redusă față de mustățile solide executate din corpul labirinților prin strunjire, apare necesitatea determinării pe cale de calcule a forțelor care acționează asupra lor. În multe cazuri concrete, aceste forțe pot provoca deformarea puternică a lamelelor, încît încovoierea lor poate contribui în mod simțitor la mărirea jocului dintre stator și rotor. Dacă solicitările la încovoiere depășesc limita de curgere a materialului lamelelor, atunci vor apărea deformații remanente și, în anumite cazuri, ruperi de lamele.

Din cele arătate mai sus rezultă clar că dimensionarea incorectă a lamelelor sau alegerea dimensiunilor fără un calcul la rezistență pot provoca scăpări mari de abur, care sînt comparabile cu debitul calculat. În cazul labirinților cu praguri reduse, scăpările sînt și mai accentuate.

Pentru expunerea măsurilor de remediere, este important să se arate în primul rînd revizuirea calculului termodinamic, apoi întocmirea calculului de rezistență al lamelelor de labirinți în lumina fenomenelor menționate.

Calculul termodinamic al etanșărilor cu labirinți

Calculul termodinamic al etanșărilor cu labirinți se rezumă, în ultimă instanță, la determinarea debitului de abur ce trece prin diferite porțiuni ale acestora. În privința formulelor folosite pentru determinarea debitului de abur scurs prin etanșări cu labirinți, este necesar să se arate că există mai multe metode de calcul care în esență au la bază două presupuneri opuse. Stodola [4] consideră că în labirinți destinderea aburului este similară cu cea în ajutaje plasate consecutiv, iar Samoilovici și Egli [2], în deducerile lor, se bazează pe relații care sînt valabile în cazul scurgerilor prin orificii cu muchii ascuțite. Din reprezentarea variației debitului relativ scurs prin ajutaj sau prin orificiu cu muchia ascuțită, în funcție de raportul presiunilor, după și înaintea lor (ε), reiese clar că debitul de abur scurs prin ajutaje va fi mai mare în condiții identice decît cel scăpat prin orificii cu muchia ascuțită (fig. 3).

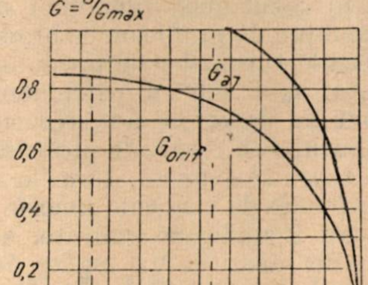


Fig. 3.

Raportul critic al presiunilor pentru ajutaje are valoarea $\varepsilon_{cr} = 0{,}546$, iar pentru orificii cu muchia ascuțită $\varepsilon_{cr} = 0{,}13$; $\overline{G}$ pentru $\varepsilon = 0$, de asemenea, are o valoare mai mică.

Fenomenul de scurgere ce are loc în labirinții reali diferă mult de cel presupus de autorii sus-menționați. Scurgerea aburului prin labirinți diferă de scurgerea aburului prin ajutaje, însă diferă cu mult și de cea prin orificii cu muchia ascuțită. Menținerea muchiilor ascuțite pentru labirinți în timpul exploatării este imposibilă [2]; din cauza acțiunii vinei de abur și a eventualelor atingeri, muchiile mustăților de labirinți se rotunjesc (fig. 4).

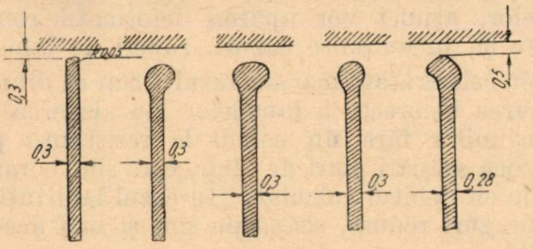


Fig. 4.

La o analiză mai amănunțită a muchiilor mustăților de labirinți nou executați, rezultă că și aceștia au o rază de rotunjire. Adică, în condițiile fabricației normale, executarea muchiilor ascuțite este aproape imposibilă, și de fapt nici nu are sens, deoarece în timpul funcționării se uzează într-un timp relativ scurt.

Din practica exploatării turbinelor cu abur [3], [7] sînt cunoscute multe cazuri de avariere de etanșări cu labirinți, cauzate de impurități de săruri conținute în abur. În asemenea condiții, aburul, într-un timp relativ scurt, atacă lamelele subțiri pînă la dispariția unei porțiuni considerabile a lamelei. Avarii similare au avut loc și în cazul mustăților mult mai rezistente, de exemplu de profil con de brad [3].

În instalațiile turbinelor de presiune mijlocie ($p_0 = 35$ ata, $t_0 = 435°C$), pătrunderea sărurilor în abur se datorește amestecării apei în cazan cu aburul sub formă de picături, care în supraîncălzitoare se evaporă, sărurile rămînînd în abur sub formă de particule amorfe sau cristaline. Pentru instalațiile amintite, se admite un conținut de săruri de 0,3 mg/kg în abur și 0,5 mg/l în apă de condensat [7]. Pentru eliminarea creșterii conținutului de săruri în abur, în cazul turbinelor cu condensație este necesară prevenirea pătrunderii apei de răcire în condensat sau, în cazul turbinelor cu prize și cu contrapresiune, a apei tehnologice în condensat, adică menținerea etanșeității tuturor schimbătoarelor de căldură.

În cazul labirinților folosiți în construcția turbosuflantelor, tocirea muchiei mustăților depinde de puritatea aerului sau a gazului aspirat. Aerul din raioanele industriale, de obicei, conține o cantitate însemnată de praf, care are o acțiune abrazivă asupra părții de scurgere, bineînțeles și asupra lamelelor de labirinți. Pentru evitarea intrării prafului în suflante și compresoare, este necesară funcționarea acestora cu filtre de aer.

Din cele arătate rezultă că ar fi o eroare să acceptăm pentru calculul debitului de abur scăpat prin labirinți un coeficient de debit de 0,63—0,68, cît se obține în laborator pentru orificii cu muchii ascuțite, în loc de un coeficient de circa 0,98—1,00, valabil pentru ajutaje cu muchii rotunjite.

Experiența UCM Reșița dovedește că funcționarea orificiilor din labirinți seamănă mai mult cu funcționarea ajutajelor plasate succesiv. Pentru efectuarea calculelor în continuare se consideră că muchiile labirinților sînt rotunjite și raportul critic al presiunilor are o valoare de 0,546, în loc de 0,13 după unii autori. Pentru asigurarea eficacității labirinților, au un rol hotărîtor forma cavităților și menținerea valorilor prescrise ale jocurilor. Din acest punct de vedere, este necesar să fie asigurată puritatea aburului. Eliminarea completă a acțiunii erozive a aburului este imposibilă. Astfel, forma ascuțită a muchiilor are o existență provizorie, care, după experiența de exploatare a turbinelor UCM Reșița, are o durată maximă numai de circa 1 — 3 luni. Astfel este normal ca la proiectarea sau reproiectarea profilului labirinților să se dea o importanță deosebită factorilor primari, cum ar fi alegerea unei geometrii juste în ceea ce privește înălțimea pragurilor, forma camerelor și numărul de mustăți. Este absolut necesar să se ia în considerare dacă sistemul respectiv de etanșare cu labirinți este sau nu în stare de a asigura, în cavitățile labirintului, transformarea cît mai perfectă a energiei cinetice a aburului ce se scurge în energie calorică. De obicei, despre această problemă literatura de specialitate dă numai unele indicații foarte vagi.

Pentru stabilirea formulelor de calcul, pornim de la formula debitului relativ $\overline{G}$ a lui M. E. Deici [6], dedusă pentru ajutaje plasate consecutiv, care ține seamă de gradul de transformare a energiei cinetice în căldură:

$$\overline{G} = \sqrt{\frac{1-\varepsilon_{cr})(1-\varepsilon_z^2)\,[(1-j)z+j]^2-\varepsilon_{cr}\,[(1-j^2)z+j^2]\,(1-\varepsilon_z)^2}{(1-\varepsilon_{cr})^2\,[(1-j)\,z+j]^3}}, \tag{1}$$

în care

$\overline{G} = G : G_{cr}$;

G — debitul de abur scurs prin labirinți în funcție de secțiunea de scurgere și de raportul presiunilor ε_z,

$\varepsilon_z = p_z : p_0$;

p_0 — presiunea inițială a aburului (înaintea labirinților);

p_z — presiunea finală a aburului (după labirinți);

ε_{cr} — raportul critic al presiunilor (egal cu 0,546);

z — numărul mustăților de labirinți;

j — parametru care indică gradul reutilizării energiei cinetice a aburului la intrarea în strangularea următoare.
Valoarea lui j variază între $0 < j < 1$.
Dacă energia cinetică a aburului la ieșirea dintr-o strangulare în spațiul cavității următoare se transformă complet în căldură, atunci $j = 0$, iar dacă această energie pînă la intrarea în următoarea strangulare se păstrează complet, atunci $j = 1$. Pentru construcții reale acest coeficient are valori intermediare. Valoarea lui j depinde de geometria profilului etanșării de labirinți. În timpul exploatării turbinelor cu abur, dacă aburul conține un procent ridicat de săruri, în urma depunerilor cavitățile dintre mustăți se umplu cu depuneri și etanșarea pierde caracterul său de labirint [7]. Acest fenomen se exprimă prin creșterea valorii lui j.

Debitul de abur scăpat prin labirinți se determină din formula (1), înmulțind $\overline{G}$ cu G_{cr}:

$$G_{cr} = 2{,}09\, \mu F_{lab.} \sqrt{\frac{p_0}{V_0}}, \qquad (2)$$

în care:

μ este coeficientul de debit determinat pe cale experimentală, care depinde de profilul muchiilor mustăților. Pentru efectuarea calculelor pe baza celor arătate, se acceptă valoarea maxim posibilă, adică $\mu = 1$;

$F_{lab.}$ — secțiunea jocului strangulării. Se acceptă că este o valoare constantă:

$$F_{lab.} = 2\pi D \cdot \delta;$$

D — diametrul mediu al jocului;

δ — jocul radial între lamelă și corpul labirint. Valoarea lui, în mod aproximativ, poate fi aleasă $\delta = 0{,}001D$, însă în cazul diametrelor mai mici nu se recomandă ca această valoare să fie sub 0,2—0,3 mm [1]. Este de dorit ca alegerea jocului δ să se facă conform relației $\delta = (A \cdot D \cdot 10^{-3} + 0{,}25)$ mm, unde $A = 0{,}6$ pentru turbocompresoare și turbosuflante, $A = 0{,}85$ pentru turbine cu abur cu piese executate din oțeluri feritice și $A = 1{,}3$ pentru turbine cu abur cu piese executate din oțeluri austenitice [8]. Pentru alegerea lui δ poate fi folosită și figura 5. De obicei, pe desenele etanșărilor se prevăd jocuri mai reduse [2], însă în condiții de exploatare, aceste jocuri, datorită atingerilor cauzate de dilatările termice, a vibrațiilor și a altor fenomene, cresc în așa fel încît după scurt timp valorile reale ale jocurilor vor fi aproximativ egale cu cele indicate în figura 5, sau cu cele calculate conform relației sus-amintite [8].

În cazul rotoarelor cu un diametru relativ redus al etanșării cu labirinți, la alegerea jocurilor trebuie să fie luată în considerare și valoarea amplitudinilor arborelui în timpul trecerii prin turația critică. Se recomandă ca această verificare să se facă conform lucrării [9].

Dacă nu sînt date suficiente pentru efectuarea acestui calcul, poate fi folosită și următoarea relație empirică pentru determinarea jocului necesar în dreptul mijlocului arborelui: $\delta = 1{,}7 \cdot 10^{-4}\, L$, unde L este distanța între lagărele radiale ale mașinii [8]. Dacă s-a calculat amplitudinea sau jocul maxim după formula empirică, nu prezintă nici o dificultate raportarea actestor valori la poziția labirinților terminali.

Pentru evitarea erorilor în calcule, se recomandă ca valoarea lui δ, care se folosește pentru calculul debitului de abur scurs prin labirinți, să fie determinată conform figurii sus-amintite, cu toate că pe desen de obicei se prevede o valoare mai mică.

V_0 — volumul specific inițial al aburului.
Rezultă că:

$$G = \overline{G} \cdot G_{cr} \qquad (3)$$

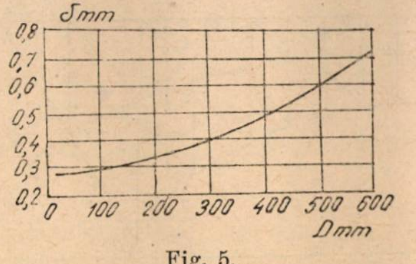


Fig. 5.

Efectuînd înmulțirea și înlocuind valoarea lui $\varepsilon_{cr} = 0{,}546$, se obține:

$$G = 2{,}09\, F_{lab.} \sqrt{\frac{p_0}{V_0}} \times$$

$$\times \sqrt{2{,}2 \cdot \frac{1 - \varepsilon_z^2}{(1-j)\, z + j} - 2{,}65\, \frac{(1-\varepsilon_z)^2 [(1-j^2) z + j^2]}{(1-j)\, z + j}} \qquad (4)$$

În cazul unui număr mare de mustăți, ultimul termen poate fi neglijat. Astfel se obține:

$$G = 3{,}1\, F_{lab.} \sqrt{\frac{p_0}{V_0}} \sqrt{\frac{1-\varepsilon_z^2}{(1-j)\,z+j}}. \qquad (5)$$

Dacă se consideră că $j = 0$, se obține formula lui A. V. Scegleaev [1]:

$$G = 3{,}1\, F_{lab.} \sqrt{\frac{p_0}{V_0}} \sqrt{\frac{1-\varepsilon_z^2}{z}}. \qquad (6)$$

Formula (6), din punct de vedere practic, este de fapt identică cu formula lui Stodola [4]. pentru calculul debitului de abur pentru cazul scurgerilor subcritice.

Stodola stabilește formule diferite pentru cazul scurgerilor subcritice și critice, însă autorii care consideră că labirinții funcționează ca niște orificii cu muchii ascuțite — adică cu raportul critic al presiunilor de 0,13 — stabilesc o singură formulă, deoarece variația lui ε în intervalul $\varepsilon = 0{,}13-1{,}00$, practic, satisface cerințele calculului de labirinți.

Pentru calculul corect al labirinților, este necesar să se verifice dacă în ultimul orificiu are loc sau nu o scurgere critică. Această verificare poate fi efectuată cu ajutorul formulelor stabilite de Stodola [4].

În vederea pregătirii calculului de rezistență a labirinților, este necesar să se determine căderile de presiuni care există pe fiecare lamelă. Pentru aceasta se determină în primul rînd repartiția presiunilor în camerele labirinților.

În caz că energia cinetică a aburului se transformă total în energie calorică, în camerele labirinților, va avea loc un proces termodinamic similar cu cel arătat în diagrama *i-s* din figura 6, *a*. În caz contrar, va fi un proces similar cu cel arătat în figura 6, *b*.

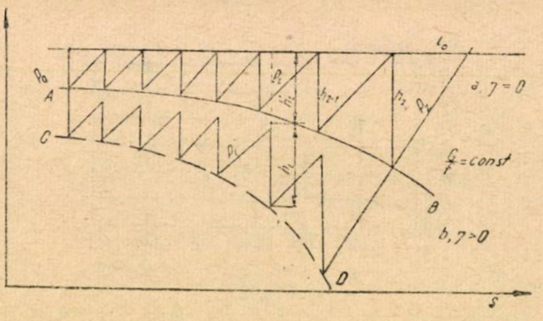


Fig. 6.

Pentru aflarea presiunii aburului, P_i, după un număr i de elemente de labirint, se calculează debitul de abur ce se scurge prin porțiunea respectivă, adică prin i lamele. Aplicînd formula (5), se obține:

$$G_i = 3{,}1\, F_{lab.} \sqrt{\frac{p_0}{V_0}} \sqrt{\frac{1-\varepsilon_i^2}{(1-j)\,z_i+j}}, \qquad (7)$$

unde $\varepsilon_i = p_i : p_0$.

Avînd în vedere că porțiunea sus-menționată face parte din sistemul de etanșare cu un număr de z lamele, este clar că

$$G_i = G_z. \qquad (8)$$

Egalînd expresia (7) cu (5), se obține:

$$\sqrt{\frac{1-\varepsilon_z^2}{(1-j)\,z+j}} = \sqrt{\frac{1-\varepsilon_i^2}{(1-j)\,z_i+j}}.$$

Printr-o transformare relativ simplă, se obține expresia pentru calculul raportului ε_i, respectiv al presiunii p_i:

$$p_i = p_0 \sqrt{\frac{(1-j)\left[1-\frac{z_i}{z}\,(1-\varepsilon_z^2)\right] + \frac{j\cdot\varepsilon_z^2}{z}}{1-j+\frac{j}{z}}}. \qquad (9)$$

Dacă $j = 0$, se obține:

$$p_i = p_0 \sqrt{1-\frac{z_i}{z}\,(1-\varepsilon_z^2)}. \qquad (10)$$

Din formula (9) rezultă că repartizarea presiunilor pe camere depinde de p_0, ε_z, z, z_i și j. Diferența de presiune ce acționează asupra lamelei cu numărul de ordine i se determină după cum urmează:

$$\Delta p_i = p_{i-1} - p_i, \qquad (11)$$

unde p_{i-1} și p_i se determină cu ajutorul formulei (9).

Majoritatea tipurilor de labirinți numai parțial asigură transformarea energiei cinetice a aburului în căldură. Între labirinții cu eficacitate maximă pot fi amintite sistemul cu profil de con de brad și sistemul Ljungström. Situația cea mai dezavantajoasă o are sistemul de labirinți cu o parte netedă. Pe baza încercărilor efectuate la mai multe uzine [6], s-a stabilit următoarea formulă empirică pentru determinarea valorii lui j pentru labirinți cu o parte netedă:

$$j = 1 - \frac{1}{\left(1+m\,\frac{\delta}{s}\right)^2}, \qquad (12)$$

în care

s este distanța dintre lamele (fig. 2);

m — coeficient empiric, egal cu 16,6.

Valoarea raportului $\delta : s$ practic variază între limitele 0—0,1. Înlocuind valoarea maximă de 0,1 a acestui raport în formula (12), se obține $j = 0{,}858$.

Dacă se acceptă o valoare a lui j diferită de zero și se calculează valoarea lui p_i pentru un caz concret, apoi se repetă acest calcul: în ipoteza că $j = 0$, se poate constata că p_i pentru $j = 0$ este mai mare ca p_i pentru $j \neq 0$. Adică, în caz cînd eficacitatea labirintului este mai redusă, scade presiunea în camera labirintului. Acest lucru ne arată creșterea diferențelor de presiuni pe lamele și bineînțeles și a căderilor termice. Astfel devine clară reprezentarea procesului termic indicat în figura 6,*b*. Dacă se verifică modificarea presiunilor în fiecare cameră, se poate constata că scăderea presiunii este cea mai accentuată în camera de după prima lamelă, apoi treptat se reduce la zero. Avînd valorile presiunilor p_i, se poate construi în diagrama *i-s* reprezentarea procesului termodinamic din labirinți, cu o transformare incompletă a energiei cinetice (fig. 6,*b*). Din această reprezentare reiese clar creșterea căderilor termice. Cu h_i se reprezintă căderile propriu-zise, iar h'_i este căderea ce reprezintă energia cinetică netransformată în căldură. Dacă se consideră că labirinții, din punct de vedere termic, sînt izolați, adică prin arborele turbinei sau prin corpul labirintului (stator) nu se transmite nici o cantitate de căldură, atunci parametrii de frînare ai aburului în orificiile lamelelor se vor afla pe linia entalpiei constante, $i_0 = \text{const}$. Căderile termice care creează vitezele de scurgere în treptele labirinților se măsoară de la linia $i_0 = \text{const.}$ pînă la linia lui Fanno, $C-D$. Este clar faptul că creșterea căderilor, respectiv a vitezelor, cauzează creșterea debitului de abur scăpat prin labirinți.

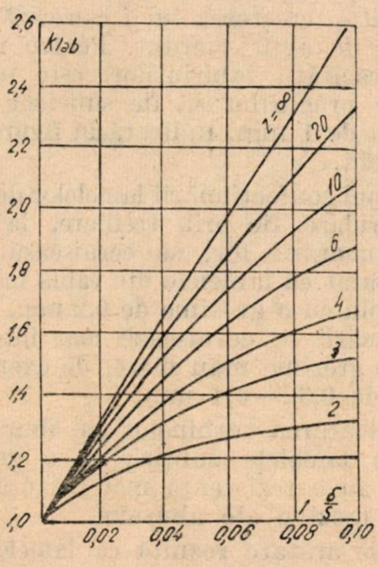


Fig. 7.

Pentru labirinți cu o parte netedă, această creștere poate fi luată în considerare prin calcule, dacă în formula (5) se înlocuiește valoarea lui j din expresia (12). Pentru simplificarea calculelor, se construiesc diagramele pentru determinarea coeficientului de influență a așezării lamelelor la arbore neted, în funcție de z — numărul de mustăți — și de $\delta : s$. Această diagramă este reprezentată în figura 7. Coeficientul $K_{lab.} = G : G_{j=0}$, adică este egal cu

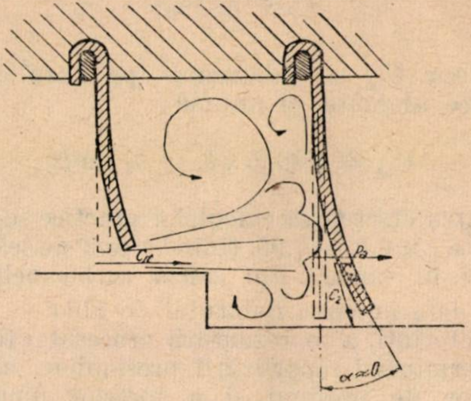


Fig. 8.

raportul debitului de abur scăpat, calculat pentru valoarea lui j egală cu cea calculată după expresia (12) și al celui calculat pentru valoarea lui $j = 0$.

Pentru aprecierea mai justă a procesului termic ce are loc în labirinți, se recomandă ca acesta să fie construit în două ipoteze, și anume: în primul rînd să se considere că $j = 0$, iar în al doilea rînd să se considere că labirinții sînt cu arbore neted. În acest caz se va calcula valoarea concretă a lui $\delta : s$ și apoi valoarea lui j. Cunoscînd valoarea lui j, se poate determina repartizarea căderilor pe camere de labirinți, cu ajutorul formulei (9). În ultimă instanță, este necesar să se determine diferențele de căderi de presiune pe lamele.

În cazul labirinților cu praguri, în afară de diferența de presiune, asupra fiecărei a doua lamele mai acționează și o forță dinamică a vinei de abur ce se scurge prin jocul elementului precedent. Vîna de abur lovește în lamelă, aproape de capătul liber, creînd un moment încovoietor (fig. 8).

Aplicînd ecuația impulsului forței pentru vîna de abur, poate fi aflată componenta axială a acestei forțe, după cum urmează:

$$P_a = \frac{G}{g} (C_{1a} - C_{2a}), \tag{13}$$

unde

P_a este componenta axială a forței vinei de abur;
g — accelerația gravitațională;
G — debitul de abur ce trece prin labirinți;
C_{1a} — componenta axială a vitezei de scurgere a aburului din jocul lamelei precedente;
C_{2a} — componenta axială a vitezei vinei de abur după schimbarea direcției de scurgere.

După schimbarea direcției vinei de abur la circa 90°, componenta axială a vitezei C_2 va fi aproximativ egală cu zero. Astfel, forța care acționează asupra următoarei lamele se exprimă prin :

$$P_a \approx \frac{G}{g} C_{1a}. \qquad (14)$$

Viteza C_{1a} se calculează pe baza căderii termice aferente, și anume :

$$C_{1a} = \varphi \cdot 91{,}5 \sqrt{h_i + h'_i}, \text{ m/s}. \qquad (15)$$

Pentru efectuarea calculelor practice se poate accepta $\varphi \approx 0{,}9 - 0{,}95$, ținînd seamă de scăderea vitezei în cameră din cauza turbioanelor.

Cu determinarea debitului de abur ce trece prin labirinți, a reprezentării procesului termic, a determinării repartizării presiunilor, a diferențelor de presiuni și a forțelor dinamice, calculul termic al labirinților este epuizat. Pe baza datelor obținute s-a făcut pregătirea calculului de rezistență.

Calculul de rezistență al mustăților de labirinți

Din calculul termodinamic al etanșărilor cu labirinți rezultă că asupra lamelelor, pe întreaga suprafață, acționează o presiune uniformă, iar asupra fiecărei a doua lamele, și o forță dinamică P_a a vinei de abur. Pe baza analizei reprezentării procesului termic se poate constata că atît diferențele de presiuni cît și vitezele de scurgere, respectiv forțele dinamice, cresc către capătul porțiunii etanșării cu labirinți. Astfel, rezultă că verificarea prin calculul de rezistență este necesar să fie făcută pentru ultima sau penultima lamelă, adică pentru acea lamelă care este mai solicitată.

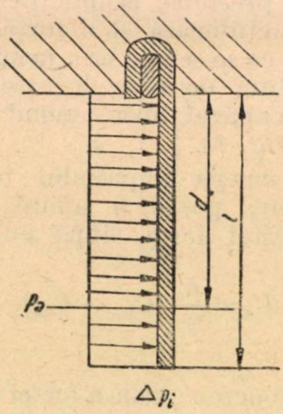


Fig. 9.

Pentru verificarea rezistenței lamelei, în mod imaginar se ia un element cu o lățime unitară (1 cm), care se consideră ca o bară dreaptă (fig. 9).

Din cauza acțiunii forței P_a și a diferenței de presiuni Δp, elementul de lamelă este solicitat la încovoiere. Valoarea acestei solicitări se determină cu formula :

$$\sigma = \frac{1}{W}\left(p_a \cdot a + \frac{\Delta p \cdot l^2}{2}\right), \qquad (16)$$

unde :

W este modulul de rezistență al secțiunii barei elementare;

$p_a = P_a : \pi D$ — presiunea dinamică pe bara elementară.

Pe lîngă determinarea solicitărilor, trebuie să fie calculată și valoarea săgeții la capătul lamelei :

$$f = \frac{1}{2EJ}\left[p_a\left(a^2 l - \frac{a^3}{3}\right) + \frac{\Delta p l^4}{4}\right] \qquad (17)$$

unde :

E este modulul de elasticitate al materialului lamelei ;

J — momentul de inerție al secțiunii barei elementare.

Dacă deformația lamelei va avea o valoare mai mare — lucru care de obicei este posibil în cazul lamelelor mai lungi — s-ar putea să crească în mod simțitor și jocul dintre lamelă și corpul labirint. Din punct de vedere termodinamic, acest lucru — după cum rezultă din figura 10 — înseamnă reducerea efectului pragului, adică creșterea lui j. Labirinții, din punct de vedere funcțional, se vor apropia de labirinții cu arbore neted. Atît creșterea jocului cît și creșterea lui j cauzează creșterea debitului de abur pierdut. Pentru îmbunătățirea eficacității labirinților, este necesar ca înălțimea pragurilor să fie suficient de mare. Înălțimea de 1 mm, indicată în figura 2a, este insuficientă.

În timpul confecționării lamelelor de labirinți, fie prin rulare, fie prin trefilare, la fel și în timpul montării lor, se ecruisează. Practic, s-a constatat că lamelele din tablă mai subțire, de exemplu cu o grosime de 0,2 mm, în timpul confecționării se ecruisează mai intens decît cele cu o grosime mau mare, de exemplu cu o grosime de 0,32—0,4 mm.

În exploatarea turbinelor cu abur s-a constatat că lamelele subțiri, cu o grosime de 0,2 mm, au o rezistență mai scăzută față de acțiunile erozive ale aburului.

Din cele arătate rezultă că lamelele subțiri au o rezistență scăzută. Din această cauză, în timpul funcționării, deseori se observă ruperea lamelelor în dreptul muchiilor de încastrare. În urma acestor ruperi scade numărul efectiv al lamelelor. Este clar că și acest fenomen, la rîndul lui, contribuie la creșterea debitului de abur ce trece prin labirinți. În afară de ruperi, se mai observă şi deformarea remanentă a lamelelor, fapt care dovedeşte prezenţa în timpul funcţionării a solicitărilor ce depăşesc limita de proporţionalitate, chiar şi limita de curgere a materialului lamelelor.

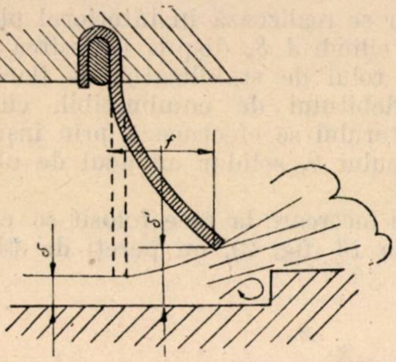


Fig. 10.

Pentru prevenirea avariilor labirinţilor, este necesar ca grosimea lamelelor să fie aleasă în aşa fel încît solicitările la încovoiere să nu provoace ruperea sau deformarea remanentă a lamelei sau mărirea simţitoare a jocului. Ţinînd seamă de temperatura ridicată a aburului din labirinţi, ca şi de fenomenul ecruisării, solicitarea admisibilă la încovoiere a lamelelor în cazul folosirii oţelului incorodal tip 8C 155 nu trebuie să depăşească 800 kgf/cm².

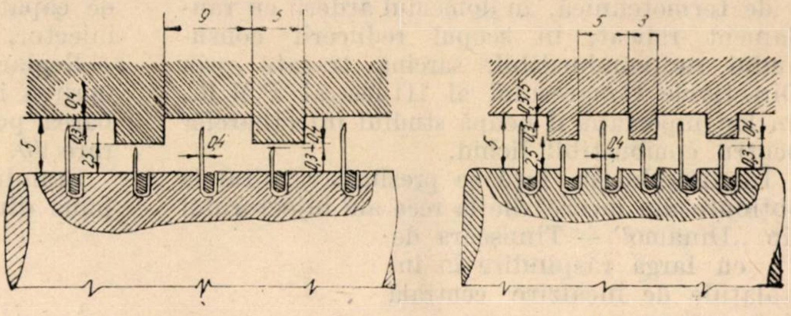
Cu ocazia îmbunătăţirii geometriei labirinţilor turbinelor UCM Reşiţa, cu profilul indicat în figura 2,*a*, grosimea lamelei a fost modificată la 0,4 mm, iar înălţimea pragurilor la 2,5 mm, aşa cum arată figura 11,*a*.

La modificarea profilului etanşărilor cu labirinţi, trebuia să se ţină seamă de dimensiunile pieselor existente.

În figura 11,*b* se arată profilul etanşărilor cu labirinţi ai turbinei CSL-12 UCM Reşiţa, care prezintă o construcţie mai modernă.

Se recomandă ca raportul înălţimii pragurilor şi pasului dintre lamele să nu fie mai mic de 0,5. Acest lucru este important mai ales pentru labirinţii de înaltă presiune (porţiunea *A*, fig. 1).

Din cele arătate, în privinţa solicitării lamelelor, rezultă că situaţia cea mai defavorabilă o are ultima lamelă, mai ales dacă este solicitată şi dinamic. Este absolut necesar ca această lamelă să fie executată scurtă, adică să nu fie expusă acţiunii forţei dinamice a vinei de abur scurs din jocul lamelei precedente, şi ca solicitările rezultate din cauza diferenţei de presiune să fie mai reduse. Această măsură previne avarierea ultimei lamele, care de fapt totdeauna se distruge prima.



a) b)

Fig. 11.

Bibliografie

[1] Şcegleaev, A. V. *Parovîe turbinî*. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1955.

[2] Zalf, G. A. şi Zveaghinţev, V. V., *Teplovoi raşciot parovîh turbin*. Maşghiz, Moscova-Leningrad, 1961.

[3] Svetov, P. D. *Preduprejdenie avarii parovîh turbin*. Maşghiz, Kiev-Moscova, 1953.

[4] Stodola, A. *Dampf- und Gasturbinen*. Springer, Berlin, 1924.

[5] Svercikov, A. N. *Remont i naladka parovîh turbin*. Gosenergoizdat, Leningrad-Moscova, 1951.

[6] Deici, M. E. *Tehniceskaia gazodinamika* (*Osnovî gazodinamiki turbin*). Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1953.

[7] Bodaşkov, N. K. *Expluataţia parovîh turbin*. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1955.

[8] Traupel, W. *Thermische Turbomaschinen*. Erster Band. *Thermodinamische-strömungstechnische Berechnung*. Springer, 1958.

[9] Lappa, M. I. *Opredelenie proghiba rotora turbinî pri perehode cerez pervuiu kriticeskuiu skorost*. Energomaşinostroenie nr. 7, 1960.

[10] Grecu, T. *Turbine cu abur*. I.P.B. Bucureşti, 1956.

Cercetări privind funcționarea injectorului de 2″ tip „Dinamo" — Timișoara

Conf. ing. **C. Ungureanu**, ing. **V. Barbu**, ing. **I. Bejan**, ing. **H. Theil**, ing. **Z. Ardelean**

In cadrul preocupărilor colectivului catedrei de termotehnică, în domeniul arderii cu randament ridicat, în scopul reducerii consumului de combustibil, sarcină trasată prin Directivele Congresului al III-lea al P.M.R., un loc important îl ocupă studiul injectoarelor pentru combustibil lichid.

În articolul de față se prezintă rezultatele obținute din încercările la rece ale injectorului tip „Dinamo" — Timișoara de 2″, cu largă răspîndire în instalațiile de încălzire centrală și menajere.

Cercetările experimentale au avut drept scop stabilirea caracteristicilor funcționale ale injectorului: repartiția spațială a jetului, finețea și omogenitatea pulverizării.

1. Descrierea injectorului și a standului de experimentare

Injectorul tip „Dinamo" face parte din categoria de injectoare cu aer de joasă presiune, răspîndite pe scară mult mai largă decît cele similare cu aer de înaltă presiune, datorită simplicității organului de alimentare cu aer, putîndu-se folosi ventilatoare în loc de suflante.

Injectorul experimentat (fig. 1) se compune dintr-un corp *1*, pe care este montat racordul de intrare a aerului *2*, prevăzut cu clapeta de reglare *3*. Combustibilul pătrunde prin orificiul *4* în conducta centrală *5*, prevăzută cu duza *6*. Omogenizarea amestecului dintre combustibil și aer se realizează în interiorul piesei de capăt *7*; cilindrul *8*, dispus la ieșirea din injector, are rolul de stabilizator de flacără.

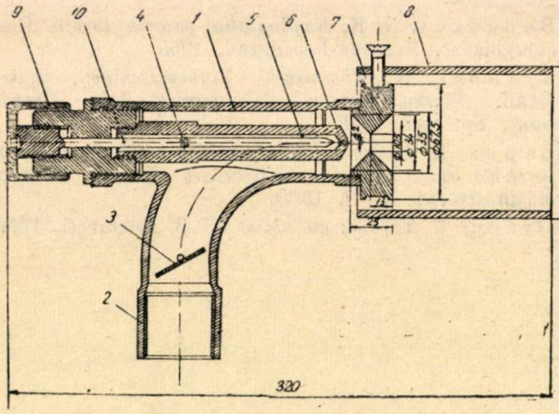


Fig. 1. Injectorul experimentat.

Reglarea debitului de combustibil, cît și oprirea injectorului se efectuează prin înșurubarea port-acului *9*, solidar cu acul de obturare *10*.

Standul de încercare la rece folosit se compune din nișa *13* (fig. 2), cu pereți de sticlă, în interiorul căreia se află introdusă rama *14*, cu eprubetele captatoare. Poziția acestuia poate fi modificată la cinci distanțe de gura injectorului *5* (330, 580, 830, 1 080 și 1 330 mm), montat în partea superioară a nișei. Eprubetele captatoare, calibrate, au diametrul de 11,2 mm și sînt așezate în rama de captare *14* la distanțe egale (35 mm), după opt raze decalate la 45°.

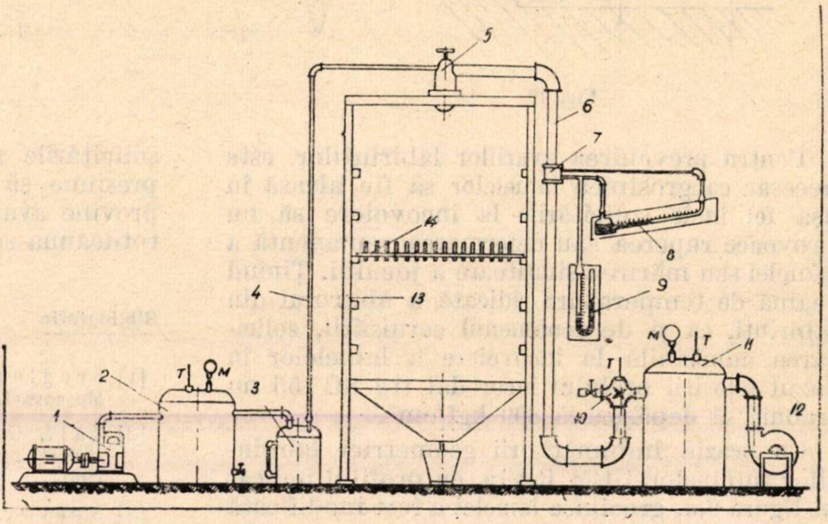


Fig. 2. Schema instalației experimentale:

1 — compresor; *2* — rezervor de echilibrare; *3* — rezervor de lichid; *4* — conductă de lichid; *5* — injector; *6* — conductă de aer; *7* — ajutaj normalizat; *8* — micromanometru; *9* — manometru cu lichid; *10* — robinet de reglare; *11* — rezervor de echilibrare; *12* — ventilator; *13* — nișă; *14* — dispozitiv cu eprubete.

Aerul furnizat de compresorul *1* împinge lichidul de lucru din rezervorul *3* spre injectorul *5*, astfel încît viteza acestuia la ieșirea din duză să fie de 2÷4 m/s, pentru a reproduce cît mai fidel condițiile reale de lucru.

Drept lichid de lucru s-au folosit amestecuri de apă și glicerină în diferite proporții (tabela 1), care oferă posibilitatea de variație a proprietăților fizice și în special a viscozității, în limite largi, avînd totodată și avantajul de a fi omogene și lipsite de impurități.

Aerul necesar pulverizării este debitat de ventilatorul *12*, prin intermediul unui rezervor de echilibrare *11*. Reglarea debitului de aer se

Tabela 1

Proprietățile fizice ale lichidelor folosite (la 20° C)

Nr. crt.	Denumirea	Greutatea specifică, kgf/m³	Viscoz. dinamică, kgf.s/m²	Tensiunea superficială, kgf /m	Masa specifică, kgf.s²/m⁴	Viscozitatea cinematică, c St.
1	Apă	998	$1,02.10^{-4}$	$7,33.10^{-3}$	101,8	1,002
2	Amestec 75% apă + 25% glicerină	1 061	$7,85.10^{-3}$	$7,28.10^{-3}$	108,7	72,3
3	Amestec 50% apă + 50% glicerină	1 122	$15,8.10^{-3}$	$7,75.10^{-3}$	114,4	138,6

face prin variația rezistenței la aspirație a ventilatorului și prin robinetul de reglare *10*.

Instalația este prevăzută cu aparataj pentru măsurarea debitelor celor două fluide, pulverizant și pulverizat.

Încercările s-au efectuat pentru fiecare amestec la diferite viteze relative, *w*, dintre aer și lichidul pulverizat.

2. Rezultate obținute

a) *Densitatea fluxului de lichid*

Densitatea locală a fluxului este definită prin cantitatea de lichid pulverizat ce revine unității de suprafață a fiecărei zone, în unitatea de timp. Cunoașterea acestei mărimi are o importanță deosebită, deoarece ea poate da o imagine corespunzătoare asupra formării amestecului carburant și a desfășurării procesului de ardere.

Determinarea densității s-a făcut prin măsurarea cantităților de lichid colectate în eprubetele de captare, așezate la cele cinci distanțe de gura injectorului. Încercările s-au efectuat pentru trei regimuri deosebite, caracterizate prin vitezele relative dintre aer și lichidul pulverizat (tabela 2). Din curbele obținute pentru fiecare regim și treaptă s-au reprezentat, în figura 3, doar cele corespunzătoare regimului I de lucru. În abscisă sînt trecute distanțele de la centrul jetului pînă la axa eprubetei captatoare, în mm, iar pe axa ordonatelor, densitatea fluxului de lichid, în gf/cm².s.

Tabela 2

Regimul de lucru al injectorului la încercările pentru determinarea densității fluxului de lichid

Regimul de lucru	Suprapresiunea statică a aerului, ΔP_{st}, mm H_2O	Căderea de presiune în ajutaj, ΔP, mmH_2O	Suprapresiunea lichidului pulverizat, ΔP, mm col.H_2O	Viteza relativă, *w*, m/s
I	1 160	76	206	97,5
II	810	54	230	83,1
III	410	33,3	167	65,3

Din graficul amintit rezultă că densitatea maximă revine la centrul jetului și scade apoi spre periferie. Pe măsura îndepărtării de la gura injectorului, densitatea fluxului de lichid în centru se micșorează foarte mult, iar spre periferie crește puțin. O astfel de repartizare este, de altfel, caracteristică pentru arzătoarele pneumatice și joacă un rol important în desfășurarea procesului de ardere.

Pentru a scoate și mai bine în evidență funcționarea injectorului, în figura 4 s-au reprezentat, în coordonate polare, curbele de debit constant pentru trei dintre cele cinci trepte obținute în cazul regimului I de încărcare. Din grafic rezultă o excentricitate destul de importantă a baricentrelor curbelor față de axa injectorului, din cauza deficiențelor constructive și de montaj ale acestuia. Utilizînd grafice de tipul celor reprezentate în figurile 3 și 4, se pot trasa curbe de aceeași densitate de-a lungul axei injectorului. La limită, cînd densitatea fluxului de lichid tinde spre zero, se obține conturul exterior al jetului. Proiecția acestuia pe un plan paralel cu axa jetului este reprezentată în figura 5, pentru cele trei regimuri cercetate.

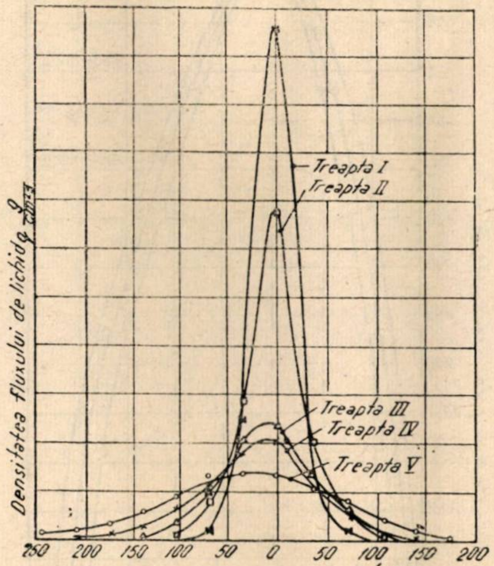


Fig. 3. Repartiția densității fluxului de lichid în diferite secțiuni perpendiculare pe axa jetului.

Din figura 5 rezultă că, o dată cu creștere vitezei relative dintre mediul pulverizant și cel pulverizat, unghiul conului de pulverizare se micșorează și, ca urmare, densitatea fluxului de lichid în partea centrală crește.

Explicația constă în reducerea unghiului sub care iese jetul de aer la viteze mari mari, în urma desprinderilor de pereții difuzorului ; este de observat că, o dată cu creșterea vitezei relative, calitatea pulverizării se îmbunătățește.

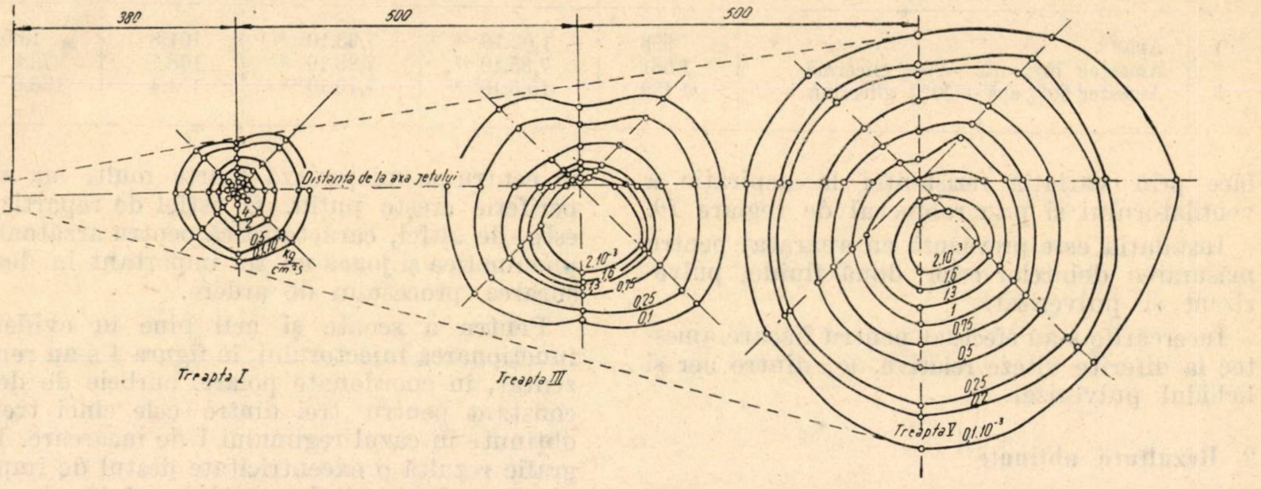


Fig. 4. Curbe de debit constant obținute pentru regimul I.

b) *Finețea pulverizării*

În procesul de pulverizare, jetul de lichid care se mișcă în contact cu aerul se desparte în particule de diferite mărimi și forme. Particulele mici, sub acțiunea tensiunii superficiale, iau aproximativ forma sferică.

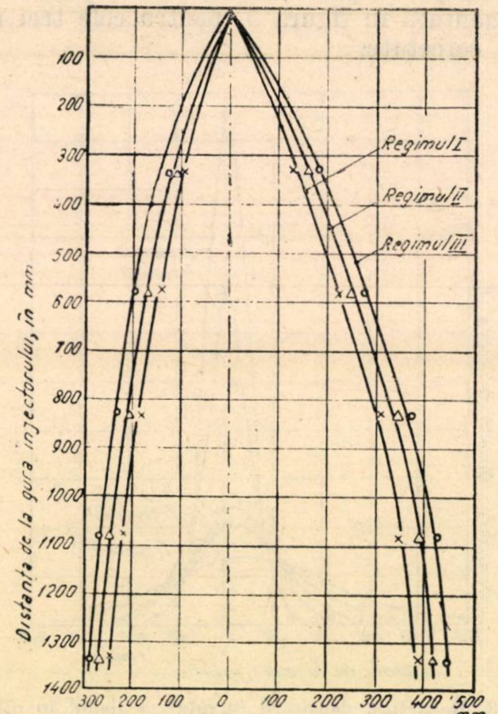


Fig. 5. Variația unghiului conului de pulverizare.

Captarea picăturilor de lichid, în vederea stabilirii diametrului mediu, s-a făcut direct, pe plăci de sticlă acoperite cu o soluție specială, denumită lichidul lui Bloch [1], și care au fost dispuse în interiorul unui aparat ce funcționează pe principiul alternatorului cu perdea. Pentru preîntîmpinarea schimbării diametrului picăturilor, ca urmare a evaporării, plăcile captatoare, din momentul captării și pînă la măsurare sau fotografiere, au fost introduse într-o atmosferă saturată și păstrate la temperatură constantă. Lucrările experimentale au fost organizate în așa fel, încît timpul scurs de la captarea probei și pînă la fotografierea ei a fost de ordinul cîtorva minute.

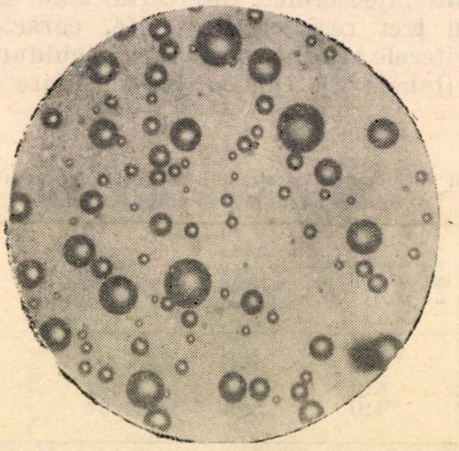


Fig. 6. Probe de picături mărite de 86 ori. Lichidul folosit : amestec 75% apă și 25% glicerină.

În timpul încercărilor s-au variat natura lichidului pulverizat, raportul dintre greutatea celor două fluide — pulverizant și pulverizat — cît și viteza relativă, w, măsurată la locul de întîlnire a celor doi curenți.

Din probele obținute s-au fotografiat porțiunile cele mai caracteristice, cu ajutorul unui microscop cu mărire de 86 ori. În figura 6 se redă o porțiune caracteristică din fotografiile obținute.

Pentru caracterizarea fineții de pulverizare, se folosește diametrul mediu, cu toate că el reprezintă o mărime convențională. În literatură se folosește fie diametrul mediu după Sauter (d_{ms}), fie după Vitman (d_{mv}), calculate după următoarele relații:

$$d_{ms} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} d_i^3 \, n_i}{\sum_{i=1}^{i=k} d_i^2 \, n_i} \qquad (1)$$

$$d_{mv} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} g_i \, d_i}{\sum_{i=1}^{i=k} g_i}, \qquad (2)$$

în care:

d_i este diametrul mediu de grup al picăturilor;
n_i — numărul de picături dintr-un grup;
k — numărul de grupuri;
g_i — greutatea totală a picăturilor de diametru d_i.

Deși variația diametrului mediu după Sauter este destul de apropiată de aceea a diametrului mediu care ar corespunde la aceeași viteză de vaporizare sau de ardere [2], totuși randamentul focarului este influențat mai mult de conținutul de picături ale căror dimensiuni depășesc valoarea medie. Din această cauză s-a admis ca valoare medie diametrul definit de Vitman.

Rezultatele încercărilor sînt prezentate în figurile 7 și 8. În figura 7 sînt redate diametrele medii d_{mv} obținute la diferite viteze relative în cazul cînd lichidul pulverizat a fost apa. Pe aceeași figură s-au trasat curbele corespunzătoare cercetărilor lui Vitman, Nukijama — Tanasawa și cea obținută în cadrul cercetărilor efectuate la laboratorul de termotehnică de la IPT [3]. Din figura 7 se observă că, pentru viteze relative mari, punctele experimentale se situează în domeniul marcat de cele trei curbe și indică o finețe de pulverizare mulțumitoare. La micșorarea vitezei relative însă, punctele experimentale se situează deasupra domeniului amintit, iar pulverizarea este grosolană. Acest lucru se explică prin deficiențele constructive ale injectorului, determinate, pe de o parte, de lipsa posibilității de reglare a secțiunii de trecere a aerului pentru debite mici ale acestuia, iar pe de altă parte, de construcția necorespunzătoare a stabilizatorului de flacără, care are formă cilindrică. La scăderea vitezei relative, unghiul conului de pulverizare crește (fig. 5) și picăturile aflate la periferia jetului se izbesc de partea interioară a stabilizatorului de flacără, se unesc și se preling de-a lungul lui, determinînd astfel o înrăutățire sensibilă a calității pulverizării.

Concluzii similare celor de mai sus s-au tras și în cazul folosirii amestecurilor de glicerină și apă.

În figura 8 se reprezintă dependența diametrului mediu după Sauter în funcție de cifra Weber, Π_2. Cifra Weber este un invariant folosit foarte des în teoria similitudinii aplicată la injectoare și reprezintă raportul forței de inerție $\rho_a w^2 D^2$ a fluxului de aer, către forța datorită tensiunii superficiale σD a lichidului, avînd deci expresia:

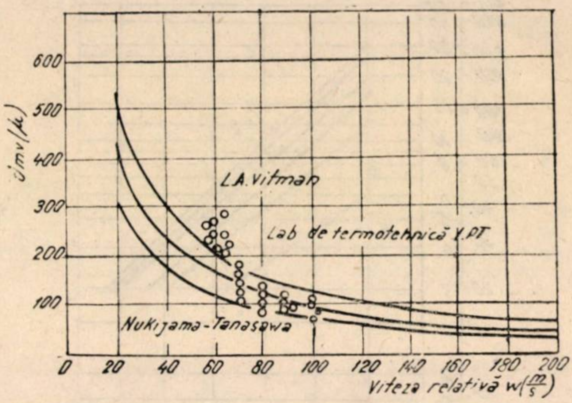


Fig. 7. Puncte experimentale obținute pentru funcționarea cu apă a injectorului.

$$\Pi_2 = \frac{\rho_a \, w^2 \, D^2}{\sigma D} = \frac{\rho_a \, w^2 \, D}{\sigma},$$

în care:

ρ_a este masa specifică a aerului, $\frac{\text{kgf} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^4}$;
w — viteza relativă, m/s;
D — diametrul duzei prin care se scurge lichidul, m;
σ — tensiunea superficială a lichidului, $\frac{\text{kgf}}{\text{m}}$.

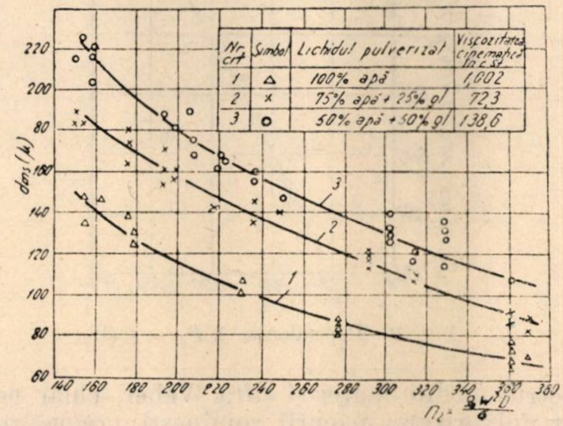


Fig. 8. Dependența $d_{ms} = f\,(\Pi_2)$.

Cele trei curbe corespund celor trei lichide folosite pentru încercare și scot în evidență influența viscozității asupra fineții pulverizării.

Ținînd seamă de rezultatele cercetărilor experimentale, publicate în literatura de specialitate, care arată că influența viscozității asupra fineții de pulverizare este resimțită numai pentru valori $\eta \geqslant 3 \frac{\text{kgfs}}{\text{m}^2}$ [1] sau $\eta \geqslant 4 \frac{\text{kgfs}}{\text{m}^2}$ [3], rezultă că, în cazul păcurilor romînești preîncălzite pînă la o viscozitate relativă de 4°E (29,5 cST) — valoare recomandată de aceeași literatură [4] — deci pînă la o viscozitate dinamică $\eta \cong (2{,}4 \div 2{,}8) \frac{\text{kgfs}}{\text{m}^2}$, influența viscozității asupra fineții de pulverizare este neglijabilă. Ca urmare, curba *1* din figura 8 reprezintă cu suficientă aproximație dependența dintre diametrul mediu Sauter și cifra Weber, chiar pentru pulverizarea păcurii romînești preîncălzite.

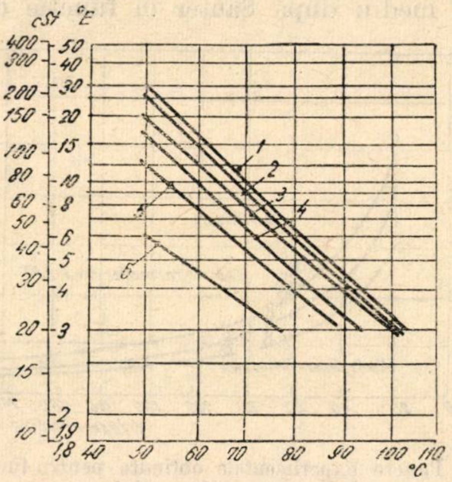


Fig. 9. Dependența viscozității de temperatură pentru combustibilii folosiți la cazane și cuptoare industriale produs R.P.R. :

1 – tip 30/30 și 30/25; *2* – tip 25/20 și 25/42; *3* – tip 20/40; *4* – tip 16/42; *5* – tip 12/10; *6* – tip 6/0.

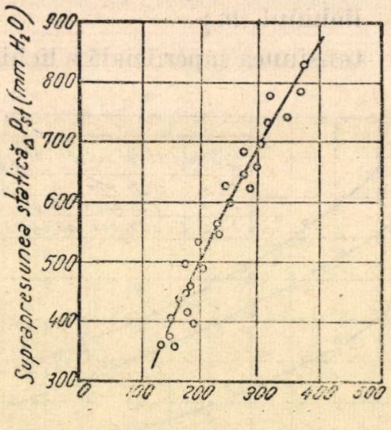


Fig. 10. Dependența $\Delta P_{st} = f(\Pi_2)$

Pe baza aceleiași curbe, cu considerarea concluziilor lui A. M. Brown [5], care arată că asigurarea unei bune arderi impune un diametru mediu Sauter $d_{ms} \leqslant 100$, rezultă că injectorul cercetat corespunde din punctul de vedere al fineții de pulverizare numai pentru $\Pi_2 \geqslant 240$; pentru valori $\Pi_2 < 240$ nu mai dă satisfacție.

Suprapresiunea statică corespunzătoare, ΔP_{st}, a aerului la intrarea în injector se poate lua din figura 10, unde s-au reprezentat valori ale lui ΔP_{st} în funcție de cifra Weber; se observă că pentru a obține o ardere bună se impune a realiza $\Delta P_{st} \geqslant 550$ mm H_2O.

c) *Uniformitatea pulverizării*

Una dintre caracteristicile jetului de combustibil lichid, care prezintă interes deosebit pentru construcția focarului, este rația în greutate din jet care corespunde picăturilor peste o anumită dimensiune. Ecuația care arată distribuția picăturilor după dimensiuni se folosește pentru calculul vitezei teoretice de vaporizare a jetului de combustibil lichid. Trebuie precizat însă că teoria distribuției picăturilor după dimensiuni nu este elaborată definitiv, și de aceea, de cele mai multre ori, trebuie să se recurgă la expresii matematice empirice, care corespund într-o măsură mai mare sau mai mică curbei reale de distribuție.

Pentru o mai bună cunoaștere a problemei, în cele ce urmează se prezintă cîteva aspecte mai interesante. Dacă masa de lichid se descompune în particule de diferite mărimi, cuprinse între zero și o dimensiune maximă, atunci energia de separație a lichidului va fi minimă în cazul cînd toate particulele au unul și același volum maxim posibil. O astfel de pulverizare, care să îndeplinească această condiție, nu există. Datorită descompunerii și unirii repetate a picăturilor de lichid, în spațiul de schimb, apare un număr foarte mic de picături prea mari și prea mici.

În procesul pulverizării se poate determina numai starea finală, pentru care, la cercetarea unui număr foarte mare de particule, se obține dimensiunea medie, care caracterizează așa-numita stare macroscopică.

Prin aceasta încă nu se determină starea microscopică, deoarece una și aceeași stare macroscopică poate fi realizată printr-o mulțime de stări microscopice diferite. Caracteristic pentru pulverizare este faptul că în spațiul de schimb, datorită mișcării dezordonate, se schimbă în permanență starea microscopică, fără ca starea macroscopică să se schimbe, și, prin urmare, toate stările microscopice, care urmează una după alta, sînt în aceeași măsură probabile.

De aici rezultă greutatea de a găsi o metodă sigură de apreciere a uniformității pulverizării. Dintre propunerile de pînă acum [6], [7], se consideră foarte potrivită aceea a prof. Kling [8], care arată că repartiția mărimii picăturilor se poate prezenta în modul cel mai simplu prin curbele de densitate și prin curba-sumă dedusă din aceasta. Pentru reprezentarea acestor curbe, totalitatea picăturilor măsurate se împarte în clase de mărime de cîte 20 microni și se reprezintă densitatea relativă h_i a fiecărei clase în mijlocul intervalului deasupra diametrului d_i drept abscisă. Se obține o curbă în trepte (fig. 11), care după operația de îndreptare se înlocuiește cu o curbă continuă.

---

* Temperatura pînă la care trebuie preîncălzit combustibilul folosit la cazane și cuptoare industriale, produs în R.P.R., rezultă din figura 9.

Forma curbelor de densitate relativă la aceeași duză se schimbă în mod esențial numai într-un domeniu de încărcare foarte larg. Acest lucru rezultă clar din figura 12, în care s-au suprapus curbele de densitate relativă obținute pentru șase încercări folosind ca mediu de pulverizare apa.

Ca parametru s-a luat cifra Weber. Din această figură se vede că, pe măsură ce cifra Weber scade, efectul de pulverizare se micșorează, maximul curbelor de densitate relativă scade și se deplasează spre dreapta, adică în zona diametrelor mai mari ale picăturilor.

Însumînd de la originea coordonatelor, pas cu pas, clasele respective, formînd deci Σh_i, se obține curba integrală sau suma pentru numărul de picături. În acest caz, $Ø_{10}$ înseamnă că 10% din toate picăturile au diametrul mai mic decît 10 μ. În mod analog se poate defini $Ø_{90}$. Perechea de valori $Ø_{10}$ și $Ø_{90}$ este folosită în ultima vreme pentru compararea uniformității pulverizării, deoarece ea reprezintă exact o distribuție normală logaritmică, a cărei ecuație poate fi ușor stabilită [6].

Pentru valorificarea analizelor de granulație se folosește, de asemenea, rețeaua de granulație dublu logaritmică după Rosin—Rammler—Bennet [7], care este mult mai expeditivă. În această rețea de granulație, după cum se știe, în ordonată este reprezentată valoarea logaritmului dublu al inversului restului R $\left(\text{deci } \log\log \frac{100}{R}\right)$, scris fiind însă R, pe cînd abscisa este gradată după logaritmul mărimii grăuntelui (log d), scris fiind însă chiar diametrul d. Rețeaua de granulație dublu logaritmică servește în special pentru examinarea faptului

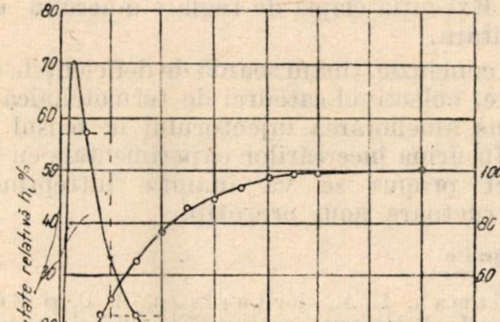


Fig. 11. Curba de densitate relativă și curba-sumă.

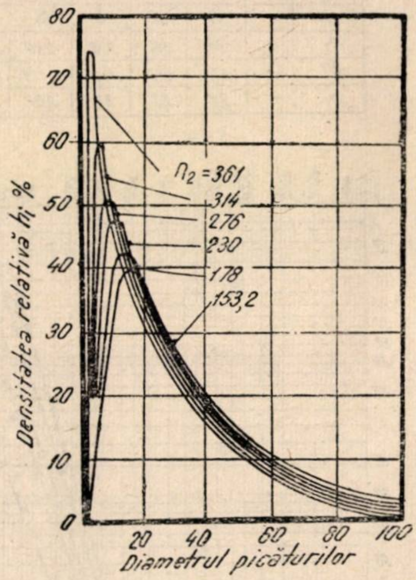


Fig. 12. Curbe de densitate relativă obținute pentru încercarea cu apă.

dacă granulele respectă legea exponențială a compoziției granulelor după Rosin—Rammler—Sperling, așa-numita formulă RRS:

$$R = 100\,e^{-\left(\frac{d}{d'}\right)^n}.$$

În cazul cînd legea dată de ecuația de mai sus este respectată, punctele experimentale se așază în diagramă după o dreaptă. În formulă, notațiile au următoarea semnificație:

R% — restul la mărimea granulelor d, adică partea în greutate a tuturor granulelor avînd diametrul mai mare sau egal cu d;

d — mărimea granulei;

n și d' — parametrii granulației, care se pot obține din graficele auxiliare (fig. 13).

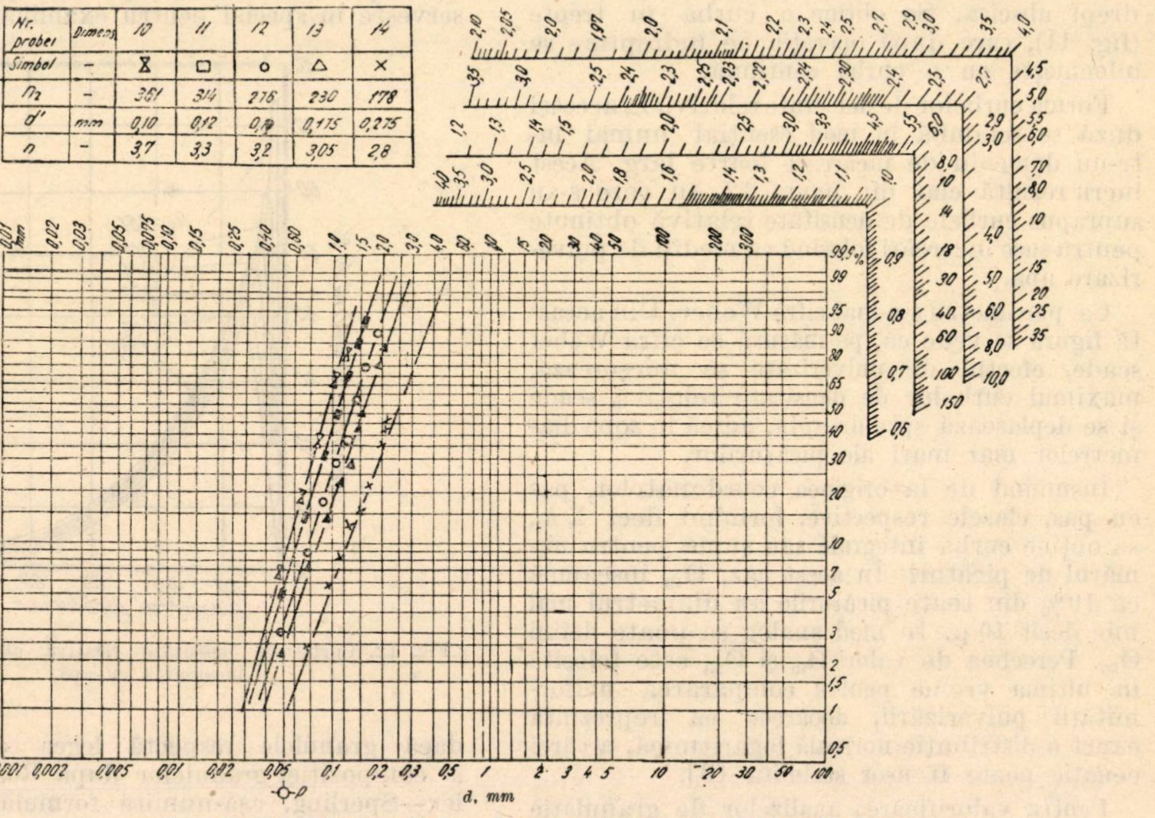
În figura 13 se văd cîteva exemple de utilizare a diagramei, iar în tabela alăturată sînt dați parametrii care caracterizează pulverizarea pentru cazurile reprezentate pe diagramă.

Mărimea d' rezultă intersectînd dreapta RRS cu orizontala $R = 36{,}8\%$ (paralela Bennett) și, ducînd o verticală din punctul de intersecție, se citește jos valoarea d'.

Exponentul repartiției n reprezintă panta dreptei RRS. Puffe a simplificat găsirea lui n prin aceea că a așezat o scară marginală pe care se poate citi direct valoarea lui n, ducînd prin polul P, situat sub scara absciselor, o paralelă la dreapta RRS.

În urma studiilor comparative rezultă că, deşi metoda propusă de Kling este mai completă, ea va ceda locul diagramei *RRS*, deoarece ultima permite utilizarea cu mult mai simplificată.

3. Stabilizatorul de flacără cilindric este necorespunzător atît ca formă cît şi ca dimensiuni, şi de aceea prezenţa lui nu numai că nu îmbunătăţeşte funcţionarea, ci, dimpotrivă.



Nr. probei	Dimens.	10	11	12	13	14
Simbol	–	⧗	□	○	△	×
n_2	–	361	314	276	230	178
d'	mm	0,10	0,12	[illegible]	0,175	0,275
n	–	3,7	3,3	3,2	3,05	2,8

Fig. 13. Exemplu de utilizare a diagramei Rosin — Rammler — Bennett.

Concluzii şi propuneri

Din încercările efectuate asupra injectorului industrial tip „Dinamo" – Timişoara de 2 ţoli, se desprind următoarele concluzii:

a) *Cu privire la funcţionare*

1. Injectorul se comportă mulţumitor numai pentru suprapresiuni ale aerului $\triangle P_{st} \geqslant 550$ mm col. apă, cînd se asigură o fineţe de pulverizare bună şi o mărime a unghiului conului de pulverizare potrivită construcţiei.

2. Unghiul de împrăştiere creşte sensibil o dată cu scăderea suprapresiunii statice a mediului pulverizant; picăturile aflate la periferia jetului se izbesc de partea interioară a stabilizatorului de flacără şi formează o peliculă care se scurge în focar sub formă de picături grosolane.

b) *Cu privire la construcţie*

Injectorul prezintă următoarele deficienţe:

1. Lipsa posibilităţii de reglare a debitului injectorului prin variaţia secţiunii de trecere a aerului, în scopul menţinerii aceleiaşi viteze relative şi a aceluiaşi raport în greutate între fluidul pulverizant şi pulverizat.

2. Lipsa de centrare a duzei, fapt care determină excentricitatea jetului.

4. Execuţia clapei de reglare a aerului este deficitară.

În concluzie, ţinînd seamă de deficienţele semnalate, colectivul catedrei de termotehnică şi-a propus ameliorarea injectorului în sensul arătat. În urma încercărilor experimentale cu noul model propus se va înainta întreprinderii constructoare noul prototip.

Bibliografie

[1] Vitman, L. A., Kaţnelson, B. D. şi Efros, M. M. *Pulverizarea combustibililor lichizi cu ajutorul injectoarelor pneumatice.* Voprosî aerodinamiki i teploperedacii v kotelno-topocinîh proţesah. Gosenergoizdat, 1958.

[2] Klein, E. BWK nr. 6, 1958, p. 263—269.

[3] Ungureanu, C. *Contribuţii la studiul pulverizării injectoarelor pneumatice cu aer de joasă presiune.* Teză de disertaţie, 1961.

[4] Dvoreţki, Al. *Nomogramă pentru determinarea temperaturii de preîncălzire a păcurii.* Elektriceskie stanţii nr. 9, 1957.

[5] Brown, A. M. Journal of the Institute of Fuel, XXXII (1959), nr. 24, p. 409—416.

[6] Barnett, H. şi Hibbard, R. *Basic considerations in the combustion of hydrocarbon fuels with air.* Ohio, 1957, p. 20—25.

[7] Rammler, E. şi Glockner, E. Energietechnik nr. 2, 1956, p. 59—63.

[8] Kling, R. BWK, nr. 6, 1958, p. 257—263.

Posibilități de aplicare în sectorul energetic a metalizării prin pulverizare

Ing. **V. Marcu** și ing. **M. Vilan**

Pentru ca producția de energie electrică să crească în ritmul cerut de dezvoltarea industrială, se impune ca, în afară de intrarea în funcțiune în termenele planificate a noilor agregate energetice de puteri mari, să se asigure funcționarea tuturor agregatelor energetice existente, indiferent de puterea sau vechimea lor, cu un număr cît mai redus de întreruperi accidentale.

Evitarea întreruperilor accidentale ale agregatelor energetice depinde de calitatea echipamentului și a exploatării sale, iar în cazul agregatelor care au suferit reparații, și de calitatea acestor reparații.

Atît în cazul reparațiilor planificate, dar mai ales în cazul reparațiilor accidentale, pe lîngă calitatea reparației, un rol foarte important îl are și durata reparației și deci timpul de oprire a agregatului respectiv. Pentru acest motiv, în special în sectorul energetic, trebuie acordată toată atenția necesară posibilităților de aplicare, cu deplină siguranță, a unor metode rapide de recondiționare a organelor de mașini uzate și de remediere a unor piese care prezintă defecte, în scopul reducerii esențiale a duratei reparației și deci a timpului în care agregatul este neproductiv.

Procedeul rapid de recondiționare a pieselor uzate și de remediere a unor piese cu defecte, pe care îl tratează acest articol, este metalizarea prin pulverizare, procedeu care are numeroase aplicații și în sectorul energetic.

Se menționează însă de la început că acest procedeu, neputînd fi aplicat decît numai în anumite cazuri și numai atunci cînd piesele nu au ieșit din cotele și toleranțele limită, care le asigură rezistența mecanică, implică :

— O analiză amănunțită a solicitărilor și condițiilor de lucru la care sînt supuse piesele, pentru a se stabili posibilitățile de aplicare a procedeului. În general, pot fi supuse recondiționării prin acest procedeu suprafețele exterioare sau interioare ale pieselor care se îmbină prin presare sau cu un ajustaj alunecător, suprafețele exterioare și interioare care lucrează la frecare, suprafețele cu plane de îmbinare și suprafețele care lucrează la compresiune, cu excepția cazurilor cînd stratul de metalizare trebuie să fie supus unor șocuri puternice sau unor tensionări intense la muchii.

Deoarece straturile metalice au alungirea și reziliența foarte reduse, nu se pot recondiționa prin această metodă piesele supuse la eforturi de forfecare sau la șocuri alternate.

— Întocmirea unei tehnologii detaliate corespunzătoare, în cazurile în care procedeul poate fi aplicat.

— Respectarea cu strictețe a prescripțiilor tehnologice la operațiile de pregătire și de metalizare propriu-zisă.

În cele ce urmează se va arăta pe scurt principiul metodei de metalizare prin pulverizare, avantajele și deficiențele sale, utilajul necesar, domeniile de aplicare în special în sectorul energetic, precum și cîteva aplicații ale acestei metode efectuate pe cîteva tipuri de piese de schimb, în cadrul întreprinderii ,,Energo-reparații'', cu concursul colectivului de metalizare prin pulverizare al Institutului de mecanică aplicată ,,Traian Vuia'' al Academiei R.P.R.

1. Generalități

1.1. *Principiul metalizării prin pulverizare și caracteristicile sale*

Metalizarea prin pulverizare constă în depunerea de straturi metalice prin topirea unui metal într-un curent de aer care pulverizează topitura și proiectează particulele incandescente formate asupra piesei sau suprafeței de metalizat. Operația se realizează cu un aparat de metalizare, avînd o sursă termică oxiacetilenică sau electrică și o conductă prin care se trimite aerul comprimat. Metalul destinat topirii, numit metal de aport, se găsește sub formă de sîrmă sau pulbere și foarte rar, la aparatele denumite ,,cu creuzet'', ca metal prealabil topit.

Stratul metalic se formează prin sudarea între ele a particulelor antrenate de aer, realizîndu-se o aderență mecanică a stratului cu piesa de metalizat, care trebuie să aibă o suprafață rugoasă. În acest scop se execută o pregătire prealabilă a suprafeței prin sablare, filetare, metode electrice etc.

Ca precursor în domeniul metalizării prin pulverizare este considerat inginerul elvețian M. U. Schoop, care a construit, începînd din 1910, primele aparate pentru utilizări industriale [1]. Metoda a luat o dezvoltare excepțională în străinătate, unde au avut loc numeroase congrese internaționale, consfătuiri și simpozioane și unde se aplică, cu mari avantaje tehnice și economice, pulverizarea metalelor [2].

Straturile din metale pulverizate au caracteristici speciale, și în primul rînd o porozitate care constituie un avantaj în cazul recondiționării pieselor uzate, deoarece porii se umplu cu ulei, sau un inconvenient pentru straturile destinate protecției contra coroziunii.

În ceea ce privește caracteristicile mecanice, straturile din metale pulverizate au rezistența redusă la întindere, forfecare și șocuri ; de asemenea, alungirea și reziliența au valori mici, însă rezistența la compresiune și duritatea, în special pentru straturi din oțel, ajung să fie comparabile cu cele ale metalelor turnate. Structura unui astfel de strat apare în micrografii cu grupuri de particule albe, înconjurate de oxizi sau silicați de culoare cenușie și de porozități indicate de puncte, fîșii sau pete negre (fig. 1).

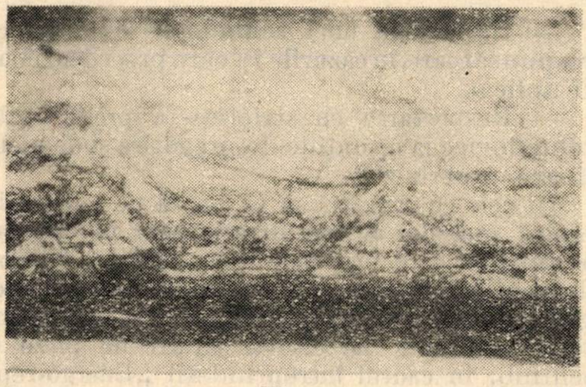


Fig. 1.

1.2. *Avantaje și deficiențe*

Metalizarea prin pulverizare prezintă următoarele avantaje :

a) Față de toate celelalte metode de acoperiri metalice :

— posibilitatea de a obține pseudoaliaje din metale care nu sînt miscibile în stare lichidă, ca de exemplu aluminiul și plumbul ;

— costul mult mai redus ;

— nu necesită un personal numeros.

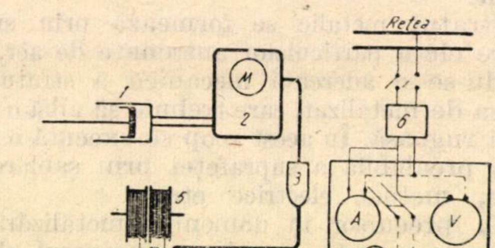


Fig. 2.

b) Față de metalizarea prin cufundare în metal topit:

— evită consumuri exagerate de metal ;

— permite metalizarea unor suprafețe oricît de mari ;

— se poate aplica și la materialele nemetalice, ca de exemplu : lemnul, hîrtia, textilele, betonul etc.

c) Față de metalizarea galvanică :

— rapiditatea în obținerea de straturi groase ;

— posibilități de a obține și straturi din aluminiu ;

— metalizarea prin pulverizare nu este limitată de dimensiunile căzilor de galvanizare.

Ca deficiențe ale metalizării prin pulverizare se constată :

— rezistența redusă la unele eforturi indicate mai sus ;

— în straturile din metale pulverizate nu se pot tăia filete ;

— piesele metalizate nu pot fi prelucrate prin deformații plastice.

În afară de avantajele tehnologice arătate, metalizarea prin pulverizare prezintă marele avantaj economic de a permite realizarea unor importante economii în producție [3].

1.3. *Baza materială a metalizării prin pulverizare*

a) În cazul electrometalizării

Schema unei instalații este arătată în figura 2 și cuprinde : compresorul *1*, care trimite aerul comprimat în rezervorul-tampon *2*, după care aerul traversează un separator de apă și ulei al aerului, *3*, și ajunge la aparatul de metalizare *4*. Acesta primește sîrmele înfășurate pe bobinele *5*, care intră prin două ghidaje și se încrucișează apoi în fața tubului care aduce aerul comprimat. Curentul necesar topirii sîrmelor este produs de un convertizor sau transformator electric *6*, conectat la rețeaua de energie electrică. Un tablou de control *7* cuprinde un întrerupător bipolar *I*, un ampermetru *A*, un voltmetru *V* și un manometru de aer *M*. Jetul de particule metalice este îndreptat asupra piesei de metalizat *8*.

b) În cazul metalizării cu gaze

În acest caz, în locul agregatului electric se recurge la acetilenă în butelii sau produsă de generatoare, sau la alte gaze, ca : gaz natural, propan, butan sau gaz de cocserie. De asemenea este nevoie de oxigen în butelii.

2. Aplicații ale metalizării prin pulverizare

2.1. *Domenii de aplicație*

a) Recondiționarea organelor de mașini ajunse la limită de uzură, ca : fusuri de arbori cotiți sau de axe cu came, arbori și axe de toate categoriile, butoane cap de osii la vagoane etc.

b) Remedierea unor defecte ale pieselor turnate sau prelucrate prin așchiere.

c) Protecția suprafețelor metalice contra coroziunii.

d) Realizarea de pseudoaliaje, cu bune calități antifricțiune pentru lagăre.

e) Obținerea de suprafețe refractare, care să poată rezista la temperaturi înalte.

f) Metalizarea de materiale nemetalice, ca : lemnul, hîrtia, sticla, betonul etc.

g) Aplicații în diferite ramuri industriale, ca, de exemplu, industriile poligrafice, construcții și alimentare, tehnico-medicală, metalizări artistice de statui, basoreliefuri etc.

2.2. *Exemple de aplicații în sectorul energetic*

a) Arbori cotiți, cilindri și pistoane de motoare Diesel.

b) Arbori de turbine cu abur sau turbine hidraulice, care se recondiționează în majoritatea cazurilor pe loc, transportînd instalația de metalizare la centrala respectivă. Se citează două cazuri :

— arborele unei turbine de 20 000 CP, avînd lungimea de 6 m, diametrul de 441 mm, iar greutatea de 40 t, de la o centrală termoelectrică din S.U.A. ;

— arborele unui grup de la o centrală hidroelectrică situată în Munții Pirinei, la 2 000 m înălțime, avînd un diametru de 355 mm.

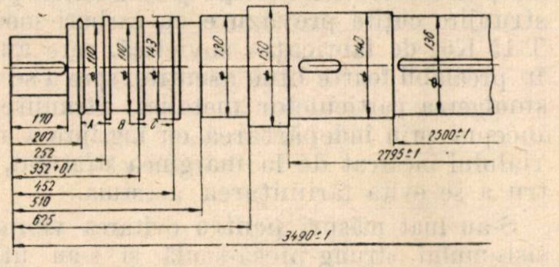


Fig. 3.

c) Foarte frecvente metalizări cu aluminiu sau zinc pulverizat pentru protecția contra coroziunii a unor instalații hidroenergetice, ca, de exemplu :

— conducte forțate, vane, blindaje de puțuri, conducte exterioare etc. Tunelul de aducțiune de la uzina hidroelectrică „V. I. Lenin"—Bicaz a fost protejat printr-un strat de aluminiu pulverizat, acoperit apoi cu strate de bitum ;

— porți de ecluze.

2.2.1. Aplicații efectuate în cadrul întreprinderii „Energo-reparații"

Reducerea continuă a duratei lucrărilor de reparații, în scopul repunerii în funcțiune a agregatelor energetice în termenul cel mai scurt, calitatea reparațiilor efectuate și reducerea prețului de cost al lucrărilor fiind obiective principale la lucrările de reparații, s-a acordat atenție și procedeului de metalizare prin pulverizare.

Astfel, la întreprinderea „Energo-reparații" s-au efectuat o serie de studii și cercetări de laborator în scopul stabilirii posibilităților de aplicare a procedeului de metalizare prin pulverizare la piesele agregatelor energetice și s-au efectuat cîteva aplicații practice pentru a se putea urmări comportarea în exploatare a pieselor metalizate, în diverse condiții de lucru.

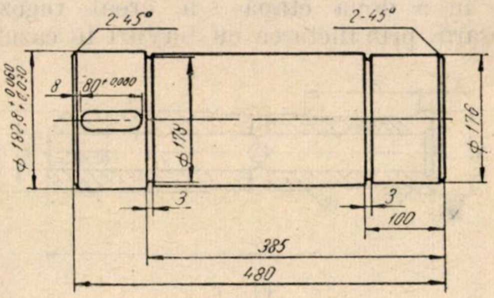


Fig. 4.

Piesele la care s-au aplicat depuneri de straturi metalizate au fost :

a) Axul unui grup de pompare de la centrala termoelectrică Grozăvești, din oțel OLC 35, a cărui schiță este redată în figura 3. Porțiunile metalizate sînt cele indicate cu simbolurile *A*, *B* și *C*.

b) Un bolț de piston al unui motor Diesel de 1 850 CP de la centrala electrică Baia-Borșa, din oțel 35 CN 15, a cărui schiță este redată în figura 4 și la care s-a metalizat suprafața cilindrică.

c) O serie de bucșe de ghidaj, din oțel 25 Mo C 11, care au fost recondiționate prin metalizare.

În figura 5 este redată schița piesei uzate înainte de pregătirea ei pentru recondiționare. În figura 6 se prezintă schița piesei pregătite pentru metalizare, iar în figura 7 schița piesei finite, după încărcarea prin metalizare și prelucrarea suprafeței încărcate.

La aplicațiile efectuate s-a ținut seamă de necesitatea executării în condiții optime a următoarelor operații :

a) Pregătirea suprafețelor pieselor în vederea metalizării.

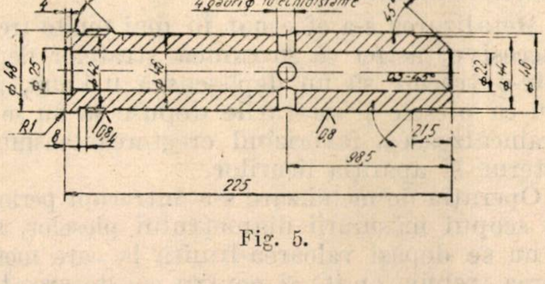


Fig. 5.

b) Metalizarea propriu-zisă a pieselor.

c) Prelucrarea mecanică a stratului depus.

d) Controlul calității stratului depus.

2.2.1.1. Pregătirea suprafeței pentru metalizare s-a efectuat în două etape, și anume :

— în prima etapă s-a executat o degresare a pieselor prin spălare cu benzină ;

— în a doua etapă s-a creat rugozitatea necesară, prin filetarea cu bavuri în cazul axului din figura *3* și prin sablare la piesele metalizate din figurile *4* și *5*.

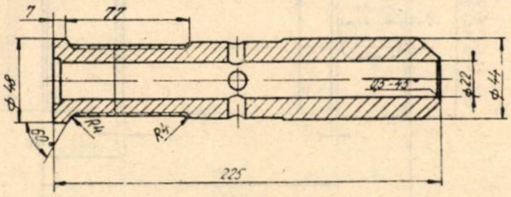


Fig. 6.

În cazul filetării pentru grosimea stratului depus de 5 mm pe rază, adîncimea filetului a fost de 0,5 mm, iar pasul filetului de 1,5 m.

Pentru a se evita exfolierea și fărîmițarea stratului metalizat, s-a executat, în cazul axului la capătul liber al zonei metalizate, o degajare inelară, în formă de canel, pentru ancorarea stratului metalizat.

2.2.1.2. Operațiile de metalizare prin pulverizare au început după terminarea operațiilor pregătitoare ale suprafețelor, ținîndu-se seamă ca intervalul de timp de la terminarea pregătirii și pînă la începerea metalizării să nu depășească trei ore, pentru a se evita oxidarea suprafețelor pieselor și deci micșorarea aderenței straturilor depuse.

Metalizarea s-a executat, în cazul axului din figura 3, pe strungul la care s-a efectuat filetarea piesei, instalîndu-se aparatul de metalizare pe căruciorul mobil al strungului, piesa de recondiționat fiind fixată între vîrfuri.

Turația axului principal al strungului s-a ales astfel încît viteza periferică a piesei să fie cuprinsă între 15 și 20 m/min.

Distanța de metalizare aplicată a fost cuprinsă între 80 și 120 mm. Metalizarea s-a început la distanța minimă pentru a se obține o cît mai bună aderență și apoi s-a mărit pînă la distanța de 120 mm, spre a se evita încălzirea excesivă a pieselor.

Metalizarea s-a efectuat în mai multe treceri succesive, astfel că grosimea stratelor depuse într-o trecere să nu depășească 0,5 mm, pentru ca piesele și straturile depuse să nu se supraîncălzească, favorizînd creșterea tensiunilor interne și apariția fisurilor.

Operația de metalizare s-a întrerupt periodic, în scopul măsurării diametrului pieselor, spre a nu se depăși valoarea-limită la care metalizarea trebuia oprită și pentru constatarea temperaturii stratului metalizat, care nu trebuie să depășească 120°C. Această constatare s-a efectuat cu creioane „Thermocrom''.

Pentru atenuarea tensiunilor datorită coeficientului de contracție la răcirea metalului depus prin pulverizare, suprafețele metalizate au fost înfășurate cu pîslă și hîrtie, pentru ca stratul de metal pulverizat să se răcească lent. Această măsură a fost absolut necesară, deoarece răcirea și solidificarea particulelor de metal provoacă, la valori mari ale coeficientului de contracție, tensiuni interne și chiar fisuri ale stratului metalizat, care pot apărea chiar mai tîrziu, atunci cînd piesa metalizată este montată în ansamblul său și supusă la eforturi ce pot provoca deformații, care se însumează cu cele date de eforturile termice.

2.2.1.3. Prelucrarea straturilor metalizate prin pulverizare. După trecerea unui interval de timp de 24—48 ore de la depunerea straturilor metalizate, timp necesar pentru stabilizarea acestora, s-a trecut la prelucrarea prin așchiere a zonelor încărcate prin metalizare.

Menționăm că fragilitatea și rezistența foarte redusă la șocuri a straturilor metalizate au impus luarea anumitor precauții la strunjirea pieselor respective.

Astfel, piesele s-au fixat pe strung, între vîrfuri, cu o deosebită atenție și s-au folosit pentru strunjire cuțite prevăzute cu carburi metalice T 15 K6, de fabricație sovietică, care au fost în prealabil foarte bine ascuțite, spre a se evita smulgerea particulelor metalice. Strunjirea s-a început prin îndepărtarea cu îngrijire a materialului încărcat de la marginea stratului, pentru a se evita fărîmițarea acestuia.

S-au luat măsuri pentru evitarea vibrațiilor sistemului strung-piesă-sculă și s-au utilizat valori reduse pentru parametrii de lucru (viteza de așchiere, avansul și adîncimea de tăiere).

Se menționează că la strunjire s-a observat că uzura cuțitului pe fața de așezare și la vîrf era mult mai pronunțată la strunjirea straturilor metalizate decît la aliajele compacte, din cauza prezenței în straturile metalizate a unor componenți cu mare duritate, oxizi și nitruri.

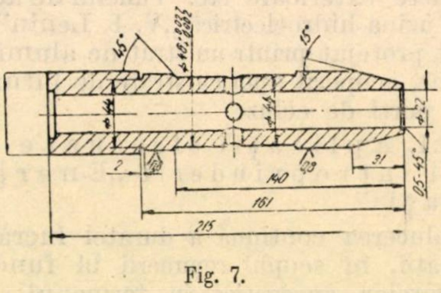


Fig. 7.

Pentru a se evita smulgerea particulelor de metal s-a avut în vedere ca planul în care s-a așezat cuțitul să fie ceva mai sus de axa piesei supuse prelucrării.

2.2.1.4. Rezultatele controlului calităţii straturilor metalizate depuse. Controlul calităţii straturilor metalizate depuse a constat din :

a) Verificarea aderenţei. Această verificare s-a efectuat direct pe piese prin simpla ciocănire cu un ciocan uşor. Sunetul plin şi metalic a indicat o bună aderenţă.

Verificarea aderenţei stratului metalizat s-a efectuat şi pe o serie de probe de laborator metalizate în aceleaşi condiţii ca şi piesele metalizate, constatîndu-se atît la analizele macroscopice cît şi la cele microscopice aderenţe satisfăcătoare.

b) Controlul durităţii. S-a efectuat pe piesele metalizate, după prelucrare, cu ciocanul Poldi, iar pe probe de laborator cu aparatul Brinell.

Duritatea Brinell a straturilor metalizate, utilizînd ca material de aport sîrma cu compoziţia indicată în tabela 1, poz. 4, a fost cuprinsă între 185 şi 220 kgf/mm^2.

Duritatea Brinell, determinată pe probele de laborator la aparatul Brinell, a fost cuprinsă între 190 şi 230 kgf/mm^2.

c) Verificarea aspectului exterior al straturilor depuse s-a efectuat, după prelucrare, cu ochiul liber şi cu ajutorul unei lupe (×6), constatîndu-se uniformitatea stratului şi lipsa fisurilor.

d) Verificarea compoziţiei chimice a stratului metalizat. Analizele chimice efectuate din straturile depuse pe piesele metalizate au dat rezultatele indicate în tabela 1, poz. 1—3. Comparîndu-se compoziţiile chimice ale straturilor metalizate, indicate la poz. 1—3, cu compoziţia chimică a materialului de aport, indicată în aceeaşi tabelă (poz. 4), se constată o micşorare a procentului de mangan şi siliciu şi o diminuare mai sensibilă a conţinutului de carbon, datorită oxidării.

e) Verificarea metalografică microscopică. Din analizele microscopice efectuate pe probe metalografice, pregătite şi metalizate în aceleaşi condiţii ca şi piesele sus-menţionate, au rezultat, după cum se vede şi din figura 8, următoarele :

— microstructura straturilor metalizate este alcătuită dintr-o aglomerare dezordonată de particule de metal solidificat, sudate între ele ;

— în spaţiile dintre granule se observă porozităţi care apar ca nişte puncte negre ;

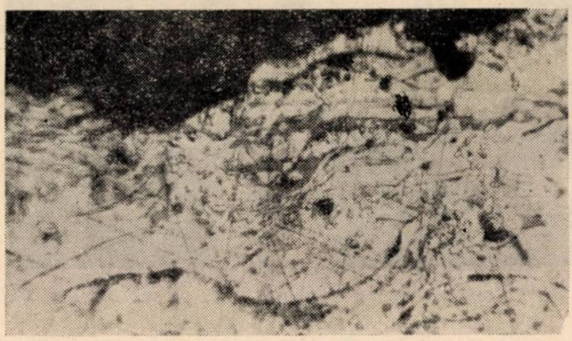


Fig. 8.

— în masa metalică apar fîşii de culoare închisă de oxizi şi silicaţi, de-a lungul granulelor de culoare deschisă ale constituenţilor de bază ai aliajului ;

— stratul metalizat nu este sudat de suprafaţa piesei, ci este fixat printr-o ancorare mecanică în rugozităţile suprafeţei. Aderenţa stratului metalizat, verificată la microscop, este foarte bună, neobservîndu-se spaţii libere sau zone oxidate între strat şi suprafaţa piesei.

Pentru a se putea verifica influenţa nerespectării condiţiilor tehnice prescrise asupra microstructurii şi deci asupra calităţii stratului metalizat, s-a efectuat o serie de cercetări de laborator, arătate în cele ce urmează. Aceste cercetări au confirmat necesitatea de a se respecta întocmai condiţiile tehnice indicate mai sus. În cele ce urmează se arată cîteva microstructuri de straturi metalizate necorespunzătoare.

În figura 9 se vede structura unui strat metalizat cu o oxidare foarte intensă a particulelor, din cauza depăşirii distanţelor de pulverizare prescrise.

Tabela 1

Poz.	Denumirea piesei metalizate sau a materialului de aport	Compoziţia chimică				
		C	Si	Mn	S	P
1	Ax grup pompare, centrala Grozăveşti	0,24	0,17	0,18	0,022	0,024
2	Bolţ piston motor Diesel 1 850 CP, centrala Baia-Borşa	0,29	0,16	0,18	0,022	0,028
3	Bucşă de ghidaj	0,22	0,16	0,18	0,022	0,028
4	Sîrmă utilizată pentru metalizarea pieselor menţionate la poz. 1—3	0,67	0,24	0,27	0,028	1,028

În figura 10 se vede un strat metalizat cu numeroase porozități și incluziuni, datorită avansului prea mare al sîrmei și intensității reduse a curentului.

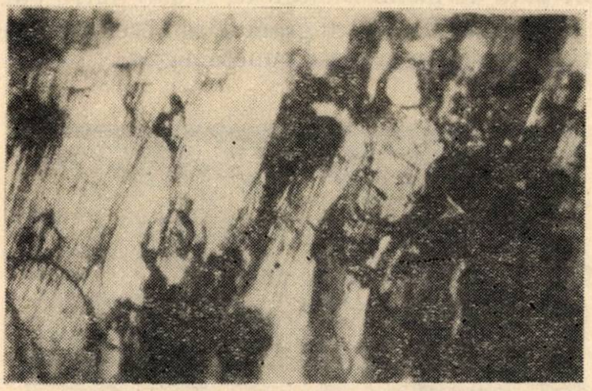


Fig. 9.

În figura 11 se văd fisuri și porozități în stratul metalizat din cauza unei pregătiri necorespunzătoare a suprafeței piesei și aplicarea unui regim de lucru necorespunzător în timpul metalizării.

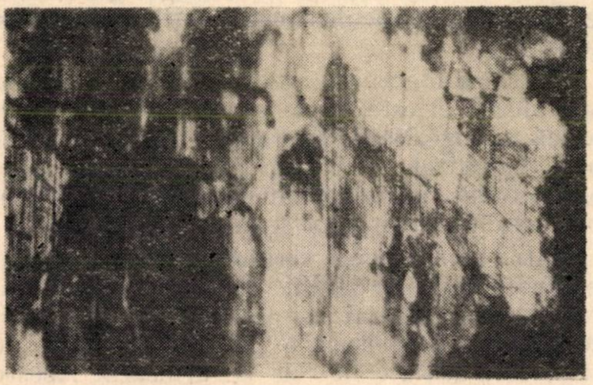


Fig. 10.

Concluzii

Din rezultatele obținute la primele aplicații ale metalizării prin pulverizare, efectuate în cadrul întreprinderii „Energo-reparații", din studiile și cercetările de laborator efectuate pe diverse probe, s-a ajuns la concluzia că există posibilități de aplicare, în cadrul întreprinderii a procedeului de metalizare prin pulverizare în cazuri de recondiționări de piese, care pot duce la o reducere importantă a duratei planificate pentru reparații și la scăderea prețului de cost al lucrărilor.

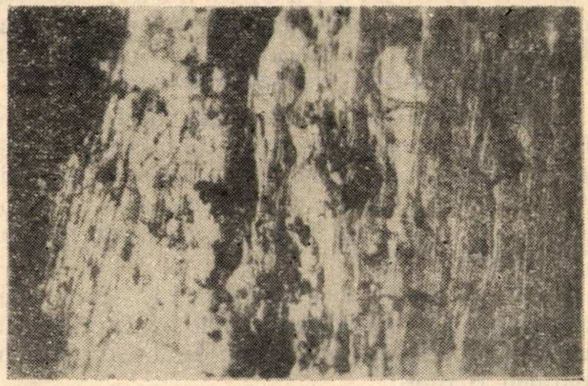


Fig. 11.

Studiile, experimentările și aplicațiile care se vor continua în viitor în cadrul întreprinderii „Energo-reparații", precum și urmărirea comportării în exploatare a pieselor metalizate vor duce la extinderea utilizării procedeului cu rezultate din ce în ce mai bune.

Bibliografie

[1] Marcu, V. *Metalizarea prin pulverizare.* Ed. Academiei R.P.R. 1963.

[2] Marcu, V. și col. *Studii asupra unor caracteristici ale straturilor obținute prin electrometalizare.* Studii și cercetări de mecanică aplicată, **VII** (1956). nr. 2.

[3] Marcu, V. și col. *Metalizarea prin pulverizare, domeniu al tehnicii înaintate.* Metalurgia și construcția de mașini, **X** (1958), nr. 3.

[4] Kretzschmar, E. *Metalizarea prin pulverizare și aplicațiile ei în economia R. D. Germane.* IDT, 1955 (trad. din l. germană).

[5] Krneak, R. *Metalizarea prin pulverizare.* IDT, 1958 (trad. din l. rusă).

[6] Makadi, A. *Progresele metalizării electrice în R.P. Ungară și dezvoltarea ei viitoare.* Trad. din GEP **6** (1959). Dos. IDT 51820.

[7] Sheppard, A. *Metalizarea prin pulverizare.* Trad. din „Automobile Engineer" **49** (1959), nr. 10. Dos. IDT 84989.

Aspecte ale organizării lucrărilor de tratamente termice ale sudurilor de montaj în construcția de centrale termoelectrice cu parametri de funcționare ridicați

Ing. **O. Centea** și ing. **Alex. Forje**

Centralele termoelectrice sînt obiective industriale caracterizate, între altele, prin solicitări termice și mecanice simultane ale unor elemente constructive, deosebit de ridicate. Valorile mari ale solicitărilor rezultă din tendința de a se realiza unități cu randament global cît mai mare.

Folosirea intensivă a sudurii la subansamblele echipamentelor și la conductele fabricate din oțeluri complex aliate, de diametre și grosimi mari ale pereților, implică probleme noi și dificile de montaj și control.

În țara noastră, asemenea probleme au apărut și mai pregnant începînd cu anul 1962, cînd s-a trecut pentru prima dată la montajul unor grupuri cu puteri de 100 MW și cu parametri foarte ridicați : 140 ata și 570°C.

Elementele puternic solicitate termic și mecanic ale echipamentelor care formează grupurile amintite sînt elaborate din oțeluri Cr—Mo—V ; în ultimul timp sînt folosite și oțeluri care, pe lîngă elementele de mai sus, au în compoziția lor niobiu și bor. Aceste oțeluri se sudează electric și autogen, materialul de adaos asigurînd o cusătură sudată cu compoziție chimică și proprietăți termomecanice apropiate de cele ale materialului de bază.

Prezența în oțeluri a elementelor de aliere enumerate, precum și dimensiunile mari la unele subansamble conduc la dificultăți destul de serioase în ceea ce privește procesul tehnologic de sudare, făcînd necesară preîncălzirea în vederea sudării, precum și tratamentul termic ulterior al sudurilor.

Oțelurile aliate folosite frecvent în Întreprinderea de montaje centrale electrice (I.M.C.E.) pentru montarea unităților energetice de putere mare, sînt în general de proveniență sovietică și cehoslovacă.

Oțelurile sovietice, de tipurile 16 M, 12 XM, 15 XM, 12 XMΦ, 12X1MΦ, 15X1M1Φ, 12X2MΦ, au un conținut de carbon de 0,13—0,25%, siliciu 0,15—0,70%, mangan 0,40—0,70%, crom 0,30—2,60%, molibden 0,25—1,10%, vanadiu 0,15—0,35% ; ultimul oțel are și niobiu 0,5—0,8%, iar conținutul de nichel, sulf și fosfor este limitat la cantități minime [1], [2], [3], [4].

Oțelurile cehoslovace, de tipurile 15.110.9, 15.111.9, 15.123.9, 15.225.9 și 17.113 (AKX 17), au o compoziție asemănătoare : oțelul 17.125/AKX 9 are crom 11,5—14,5%, vanadiu 1,2% [5], [6].

Creșterea conținutului în elemente de aliere conduce la mărirea limitei de curgere și a rezistenței la rupere și deci face posibilă folosirea oțelurilor la temperaturi ridicate. Evident că la creșterea temperaturii caracteristicile mecanice se înrăutățesc, așa cum se vede din tabela 1, care reprezintă, pentru exemplificare, variația rezistenței la rupere cu temperatura a oțelului sovietic marca 12XMΦ [1].

Electrozii sovietici folosiți la sudarea oțelurilor menționate au în general vergeaua constituită din sîrmă Cb 08 sau Cb08A, cu conținut redus de elemente de aliere. Compoziția chimică necesară a sudurii se obține prin dozări potrivite ale elementelor de aliere în învelișul electrozilor [1], [2], [3].

Unii electrozi cehoslovaci au vergelele cu compoziția chimică astfel aleasă, încît elementele de aliere din metalul sudurii să provină din vergea, rolul învelișului fiind mai ales acela de a asigura o ferire a cusăturii de accesul elementelor dăunătoare și de a îmbunătăți procesul de ardere a arcului electric [7].

Oțelurile folosite la elaborarea echipamentelor pentru centrale termoelectrice sînt în general oțeluri slab și mediu aliate. Elementele de aliere îmbunătățesc caracteristicile fizico-mecanice ale oțelurilor, asigurînd o tenacitate destul de bună, iar prin îngustarea domeniului austenitic punctele de transformare sînt deplasate spre temperaturi mai ridicate, ceea ce are ca urmare o structură mai stabilă în domeniul ferito-perlitic, domeniul temperaturilor de lucru ale materialelor.

Tabela 1

Temperatura, °C		20	100	200	300	400	450	480	500	510	540	550	600
Rezistența la rupere, kg/mm²	Epruvetă longitudinală	50	46	46	49	44	40	42	35	39,8	36,1	—	22
	Epruvetă transversală	49—51	—	—	48	44	—	—	31	—	—	28	22

Prin sudarea de fabricaţie şi de montaj a acestor oţeluri apar tensiuni interne şi pericolul de apariţie a structurilor de supraîncălzire. Prezenţa concomitentă a mai multor elemente de aliere, care influenţează diferit punctele de transformare A_1 şi A_3, conduce — la sudare — la creşterea tensiunilor interne şi la creşterea pericolului de apariţie a structurilor neechilibrate, la temperatura ambiantă. Ca urmare, structurile mai dure, rezultate în urma unei răciri necorespunzătoare a sudurii, la încălzirea la temperatura de lucru se transformă în alte structuri, creînd un dezechilibru structural, manifestat prin tensiuni interne şi chiar fisuri.

Aceste considerente impun aplicarea unei tehnologii speciale în procesul de sudare.

Sudarea oţelurilor-carbon la conducte de dimensiuni de peste 219 mm, precum şi a oţelurilor aliate, se execută cu o preîncălzire a marginilor sudurii la temperaturi de 250—400°C. Scopul preîncălzirii constă în micşorarea tensiunilor termice care apar la sudare.

După sudare, în aceleaşi cazuri, se aplică un tratament termic care înlătură tensiunile interne apărute în cursul sudării şi asigură formarea unei structuri apropiate de cea de echilibru.

Tratamentul termic constă în încălzirea sudurii la o temperatură sub punctul de transformare A_1, menţinere şi apoi răcire la temperatura ambiantă. În funcţie de compoziţia chimică a oţelului, de dimensiunile pieselor şi de procedeul de sudare, tratamentul termic variază. Încălzirea pînă la temperatura de menţinere se recomandă a se face cu o viteză de 5—8°C/min; temperatura de menţinere variază la oţelurile aliate între 620 şi 760°C, iar timpul de menţinere este cuprins între 10 minute şi 3 ore, uneori ajungînd pînă la 5 ore (tabela 2 prezintă durata menţinerii pentru conducte confecţionate din oţelurile cehoslovace 15.110.9, 15.123.9 şi 15.225.9) în funcţie de grosimea peretelui şi de procedeul de tratament; răcirea se execută cu circa 2,5°C/min pînă la circa 350°C şi apoi liber.

Tabela 2

Natura tratamentului	Grosimea peretelui, δ mm	Timpul de menţinere
Cu gaze	1−8	1 min/mm
	>8	[(8+2 (δ−8)]min
Prin inducţie	1−19	1 h
	20−27	2 h
	28−32	3 h

Figura 1 reprezintă structura micrometalografică pentru un oţel-carbon cu sudură netratată în care apare foarte evident structura de supraîncălzire. Pentru comparaţie, în figura 2 este reprezentată microstructura unui oţel 12XMΦ, sudat autogen cu sîrmă Cb08XMΦ şi tratat cu gaze. Clişeul evidenţiază o structură ferito-perlitică, specifică unui tratament termic bine condus.

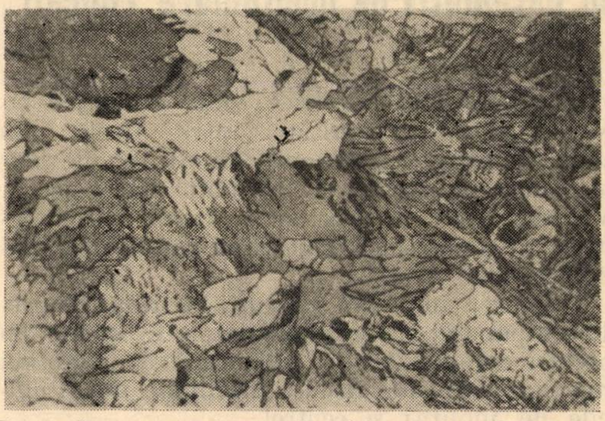


Fig. 1. Structura micrometalografică a unei suduri netratate termic la un oţel Cm. 20. Structură tipică de supraîncălzire (Atac Nital, 100 x).

Eficacitatea tratamentului termic se controlează operativ pe şantierele de montaj prin măsurarea durităţii sudurii după tratare. În urma tratamentului termic, duritatea sudurii, pentru oţelurile considerate, trebuie să scadă de la circa 300 HB la circa 200 HB. Corespunzător scăderii durităţii cresc însuşirile plastice ale metalului sudurii.

În afară de aceasta, sudurile sînt controlate distructiv prin sondaj — în procente stabilite de ISCIR — executîndu-se probe mecanice şi metalografice în laborator.

Procedeele de tratament termic pe şantierele IMCE folosesc drept sursă de căldură flacăra oxigaz sau oxiacetilenică şi pierderile Joule-Lenz.

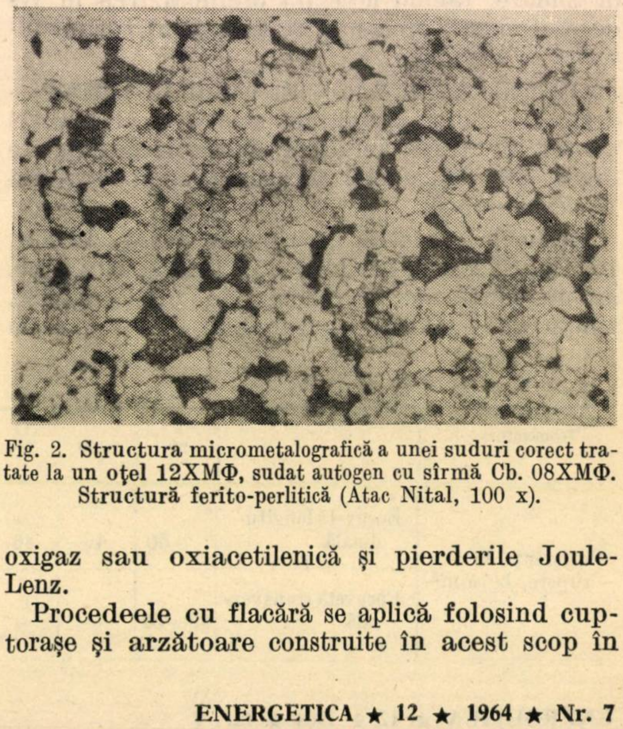


Fig. 2. Structura micrometalografică a unei suduri corect tratate la un oţel 12XMΦ, sudat autogen cu sîrmă Cb. 08XMΦ. Structură ferito-perlitică (Atac Nital, 100 x).

Procedeele cu flacără se aplică folosind cuptoraşe şi arzătoare construite în acest scop în cadrul întreprinderii. Figura 3 reprezintă schematic cuptorul-mufă pentru tratamentul cu gaze al țevilor de diametru mic. Cuptorul se compune dintr-un înveliș de beton refractar, din două părți rabatabile ; într-una dintre jumătăți este prevăzut un orificiu pentru accesul flăcării de încălzire.

Pe principiul acestui cuptor se execută dispozitive pentru tratarea termică simultan a mai multor țevi (3 sau 5), gaura centrală avînd o formă prelungită. În acest fel, productivitatea procedeului este mărită corespunzător.

Pe șantierele de montaj, dispozitivul descris mai sus înlocuiește din ce în ce mai mult, în practica tratamentului termic, arzătorul cu flacără fără înveliș refractar, care necesită răcirea sudurilor tratate în înveliș de azbest și vată de sticlă, ce se aplică după încetarea încălzirii. Arzătorul fără înveliș refractar este folosit în continuare pentru preîncălzirea țevilor în vederea sudării.

În figura 4 se prezintă schema arzătorului circular, folosit pentru preîncălzirea sudurilor la care accesul dispozitivului este posibil pe la un capăt al conductei. În cazurile în care accesul sub această formă nu este posibil, arzătorul, folosind același principiu, se compune din două jumătăți în sistem clește.

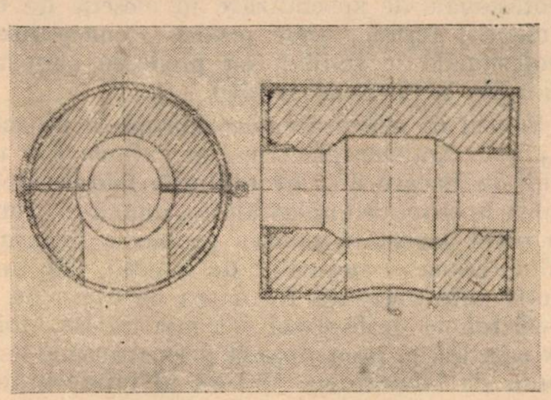


Fig. 3. Mufă-cuptor pentru tratamentul termic al țevilor de diametru mic.

Sudurile la conductele mari (în general peste Ø 89 mm) se tratează termic cu inducție, la 50 Hz. Eficacitatea tratamentului termic cu inducție este mai bună decît a celui cu flacără, întrucît operația de tratare termică poate fi condusă mai precis și controlată mai riguros, ceea ce asigură respectarea deplină a tehnologiei recomandate.

În figura 5 este prezentat schematic dispozitivul de tratament termic cu inducție, cu bobină răcită cu apă. Pe sudura de tratat se înfășoară un strat din carton de azbest, care are un dublu rol : de izolație termică a porțiunii de țeavă tratată și de izolație electrică între țeavă și spirele bobinei. Bobina de inducție se înfășoară pe stratul de carton de azbest, între spirele ei prevăzîndu-se șnur de azbest, care împiedică scurtcircuitarea lor. În figura 5, bobina este constituită din țeavă de cupru Ø 10 × 1, cu circulație de apă pentru răcire. Această soluție asigură o durată îndelungată de folosire a bobinei, ceea ce justifică faptul că acest tip de bobină înlocuiește treptat, pe șantierele de montaj, tipul de bobină din funie de cupru, care, de altfel, este mult mai costisitoare. Procedeul cu răcire forțată are însă dezavantajul că necesită sursă de apă curentă.

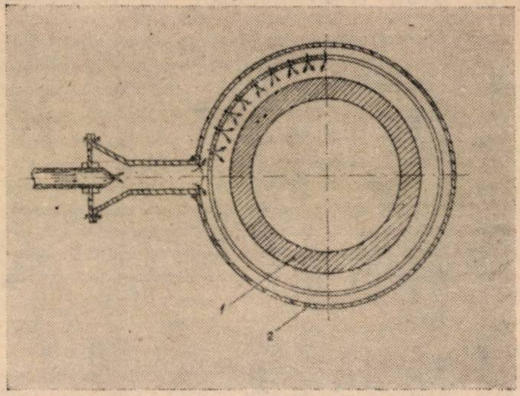


Fig. 4. Arzător circular :
1 – țeava de tratat ; *2* – arzător.

Alimentarea cu energie electrică a bobinelor de tratament termic se realizează de la stații de transformare.

Stațiile de transformare sînt constituite din transformatoare coborîtoare de tensiune. În figura 6 se prezintă principiul de conectare a transformatoarelor stațiilor. Figura 6, *a* arată stația realizată cu ajutorul unui transformator special pentru tratamente termice. După cum se vede din figură, reglarea curentului debitat se execută prin modificarea numărului de spire din înfășurarea primară a transformatorului.

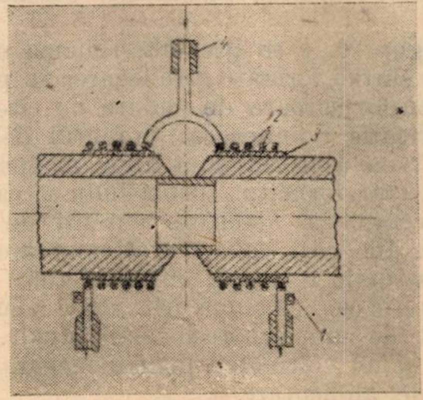


Fig. 5. Schema dispozitivului de tratare termică cu inducție, cu bobină cu circulație de apă :
1 – contacte ; *2* – spirele inductorului ; *3* – izolație din carton-azbest ; *4* – furtun de cauciuc.

Actualmente, în Întreprinderea de montaje centrale electrice, asemenea stații sînt constituite dintr-un transformator de fabricație cehoslovacă, cu curent reglabil între 1 000 și 2 000 A, sau dintr-un transformator de fabricație românească (realizat în cadrul întreprinderii), cu aceleași limite de curent, dar care permite o reglare mai fină a curentului debitat și tratarea unor suduri aflate la distanță mai mare de transformator, datorită tensiunilor secundare sporite față de cele ale transformatorului cehoslovac. Pe stații sînt montate cîte un voltmetru pentru măsurarea tensiunii de alimentare și cîte un ampermetru pentru măsurarea curentului debitat.

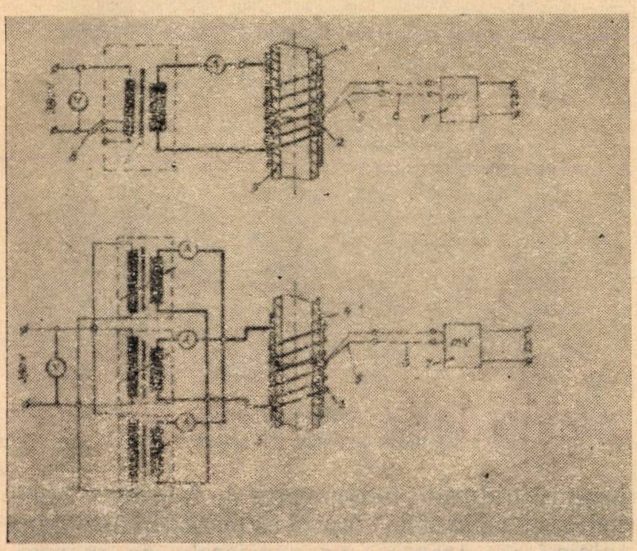


Fig. 6. Schemele de conexiuni ale stațiilor de tratament termic cu inducție:

1 – transformator de alimentare ; *2* – bobină de încălzire ; *3* – țeava de tratat ; *4* – carton de azbest ; *5* – termocuple ; *6* – cablu de compensare ; *7* – milivoltmetru înregistrator ; *8* – sistem de reglare a curentului.

În figura 6, *b* se prezintă schema de conexiuni a stației formate prin legarea în paralel a trei transformatoare de sudare de cîte 750 A, de fabricație romînească. Curentul debitat se reglează cu ajutorul șunturilor magnetice ale fiecărui transformator, urmărindu-se ca fiecare transformator să debiteze curenți de aceeași valoare. În acest caz, transformatoarele fiind de construcție identică, curentul total debitat este practic egal cu suma aritmetică a curenților indicați de ampermetrele individuale. Stația posedă și un voltmetru pentru măsurarea tensiunii de alimentare.

Pe același principiu sînt construite și stațiile formate din cîte două transformatoare de fabricație romînească, de cîte 1 000 A.

Controlul și urmărirea temperaturii produselor de tratat se execută cu ajutorul termometrelor și pirometrelor optice, în special la tratamentele termice cu flacără ; la tratamentele executate pe cale electrică, temperatura se măsoară și se înregistrează cu ajutorul sistemelor termocuplu cromel-alumel și milivoltmetru indicator sau înregistrator. Termocuplul se așază direct pe sudura de tratat sau în imediata ei apropiere, fiind fixat cu ajutorul unei cleme cu șurub sudate. Legătura între termocuplu și milivoltmetru se face prin cablu de compensare cromel-alumel sau cupru-constantan, pentru măsurarea riguroasă a temperaturii. Diagramele de variație a temperaturii de tratament termic se atașează la documentația de sudură a centralelor termoelectrice în montaj.

Avînd în vedere faptul că procedeele folosite la tratamentul termic al sudurilor de montaj prezintă pericole de accidente de muncă, sectoarele de sudură ale șantierelor IMCE urmăresc cu atenție respectarea strictă a normelor de tehnica securității specifice. Personalul de lucru este instruit sistematic în privința normelor de tehnica securității pentru activitatea generală din șantier, și în special asupra lucrului cu butelii cu oxigen, generatoare și butelii de acetilenă, mînuirea instalațiilor de gaze și mînuirea instalațiilor electrice de joasă tensiune. În cadrul întreprinderii se organizează cursuri profesionale de specializare în meseria de tratamentist termic, unde predarea cunoștințelor profesionale se îmbină cu predarea cunoștințelor de tehnica securității.

Faptul că activitatea întreprinderii de montaj a centralelor electrice se extinde tot mai mult în fiecare an, iar oțelurile folosite devin din ce în ce mai complex aliate, impune o atenție cu totul deosebită pentru problema tratamentului termic al sudurilor de montaj. Din acest motiv este necesară formarea de cadre cu un nivel tehnic profesional tot mai ridicat, obiectiv care stă în preocuparea permanentă a serviciului de laboratoare sudură al întreprinderii.

Pe de altă parte, o seamă de deficiențe se mai pot constata în domeniul tratamentelor termice de pe șantierele IMCE, mai ales în domeniul gospodăririi energiei active și a celei reactive. Actualele stații sînt unități de putere relativ mare, monofazate, ceea ce conduce la un grad de dezechilibrare relativ mare al rețelei șantierului. Randamentul încălzirii la 50 Hz este slab, iar puterea reactivă consumată este considerabilă. Din aceste motive, pe unele șantiere a fost necesară programarea lucrului de tratamente termice în cursul nopții, cu efecte direct nefavorabile asupra gradului de utilizare a agregatelor și a calității producției.

Creșterea în viitor a volumului de tratamente termice de efectuat pe șantierele IMCE ridică și ea problema folosirii unor utilaje cu indici tehnico-economici înalți ; totodată lupta pentru o calitate tot mai bună a producției duce la necesitatea folosirii unor utilaje cît mai perfecționate, care să asigure posibilitatea realizării ciclurilor de tratament termic cît mai fidel în raport cu cele prescrise.

Faţă de aceste probleme, pentru viitor se preconizează luarea următoarelor măsuri :

— În prima etapă, studiul eficacităţii bateriilor de condensatoare pentru compensare, conectate chiar la staţie. Pe această cale, consumul de energie reactivă poate fi practic anihilat, rezultînd şi o scădere corespunzătoare a puterii de nesimetrie din reţea.

— Studiul posibilităţilor de folosire a staţiilor de tratament termic de frecvenţă medie deschide posibilitatea de ridicare a randamentului încălzirii, eliminîndu-se totodată nesimetria din reţeaua de alimentare.

— În fine, automatizarea staţiilor de tratament termic va conduce la îmbunătăţirea calităţii sudurilor tratate.

Aplicarea acestor măsuri va contribui efectiv la realizarea sarcinilor de plan cărora IMCE va trebui să le facă faţă în viitor.

Bibliografie

[1] Liberman, L. Ia. şi Peisihis, M. I. *Spravocinik po svoistvam stalei, primeniaemîh v kotloturbostroenii*, ed. a II-a. Maşghiz, Moscova-Leningrad, 1958.

[2] Bort, M. M. ş.a. *Spravocinik elektrosvarşcika*, ed. a III-a, Maşghiz, Moscova-Kiev, 1960.

[3] Bondin, I. N. *Spravocinik svarşcika*. Maşghiz, Moscova-Leningrad, 1959.

[4] * * * *Spravocinik marok stalei* (trad. din limba germană). Metallurghizdat, Moscova, 1963.

[5] * * * ČSN 41 5110.

[6] * * * ČSN 41 5225.

[7] * * * *Tschechoslowakische Schweisselektroden*. Strojexport, Praga, 1963.

În ajutorul exploatării

Controlul fluajului în centrale termoelectrice

Ing. **R. Dragomir**

Echiparea centralelor termoelectrice noi şi extinderea centralelor existente se vor face în special cu grupuri cu puteri unitare mari şi cu parametri ridicaţi. Astfel, se vor instala grupuri de 200 MW, 150 MW, 100 MW şi 50 MW la parametrii aburului de 140 ata şi 570°C.

Prin mărirea temperaturilor şi presiunilor, se realizează o creştere însemnată a randamentelor, însă este necesară cunoaşterea comportării diferitelor materiale la aceste temperaturi. Ridicarea randamentelor prin creşterea temperaturilor este, însă, limitată de comportarea metalelor şi aliajelor la aceste temperaturi.

Articolul de faţă are ca scop stabilirea sistemului de organizare a controlului fluajului şi schimbării proprietăţilor mecanice ale conductelor de abur şi ale supraîncălzitoarelor. Se vor analiza măsurile de luat pentru mărirea siguranţei în exploatare şi reducerea avariilor instalaţiilor termoenergetice, datorite fluajului.

1. Influenţa temperaturii şi a duratei de serviciu asupra pieselor instalaţiilor termoenergetice

La exploatarea îndelungată a pieselor de oţel cu temperaturi peste 400°C apar schimbări ale formei pieselor, datorită deformaţiilor plastice (fluajul oţelului), schimbarea structurii oţelului şi cu aceasta schimbarea proprietăţilor mecanice. Sub influenţa temperaturilor înalte pot apărea, astfel, avarii la sarcini mult mai reduse decît dacă aceleaşi piese ar lucra la temperaturi normale.

De aceea se impune instituirea unui control sistematic şi minuţios al tuturor organelor funcţionînd la temperaturi peste 400°C (conducte, colectoare de abur, separatoare, supraîncălzitoare etc.), control care trebuie să înceapă o dată cu montajul instalaţiei şi să fie continuat pe toată perioada cît organele respective sînt în serviciu.

Acest control urmăreşte, în special, cercetarea sistematică a schimbărilor care intervin în material, pentru a putea determina data la care organul trebuie înlocuit, nemaiprezentînd siguranţă în exploatare.

Specificul şi metodica acestui control sînt condiţionate tocmai de particularităţile comportării metalelor la temperaturi înalte, care trebuie bine stăpînite ca fenomene, şi anume :

— creşterea în timp a deformaţiilor remanente — fluajul ;

— instabilitatea structurii în timp, deci schimbarea proprietăţilor mecanice.

Asupra descrierii fenomenului de fluaj propriu-zis nu se va mai insista, deoarece a fost dezvoltat în articole anterioare (Energetica nr. 1 şi 11 din 1963), rămînînd a se prezenta sumar numai modificările structurale care apar în metal, ca urmare a acţiunii celor trei factori : solicitare mecanică, temperatură, timp.

La oţelurile perlitice, utilizate în instalaţiile termoenergetice de înaltă presiune actuale, pot apărea cu timpul modificări de structură cu atît mai mari, cu cît temperatura de lucru şi durata de serviciu sînt mai mari. Modificările acestea sînt :

1) globulizarea perlitei ;

2) decarburarea metalului sub acţiunea aburului de înaltă temperatură ;

3) trecerea elementelor de aliere din soluţie solidă în carburi ;

4) grafitizarea generală sau locală a oţelului ;

5) formarea cementitei terţiare structural liberă.

Primele trei fenomene duc la mărirea vitezei fluajului şi la reducerea duratei de serviciu a metalului. Ultimele două fenomene pot duce la distrugerea conductei prin fragilizare.

Influenţa reciprocă a fenomenelor care au loc duce în final la caracteristici fizico-mecanice mult scăzute.

Din cele expuse rezultă că fluajul, însoţit de modificarea structurii, ar trebui urmărit printr-un control sistematic la toate piesele care lucrează în instalaţii termoenergetice, la temperaturi peste 400°C. Practic, acest control se face la acele piese care pot produce fie avarii, fie accidente periculoase pentru personalul de exploatare.

2. Operaţii de control necesare

2.1. În legătură cu fenomenele menţionate, la conductele de abur în funcţiune trebuie să se controleze:

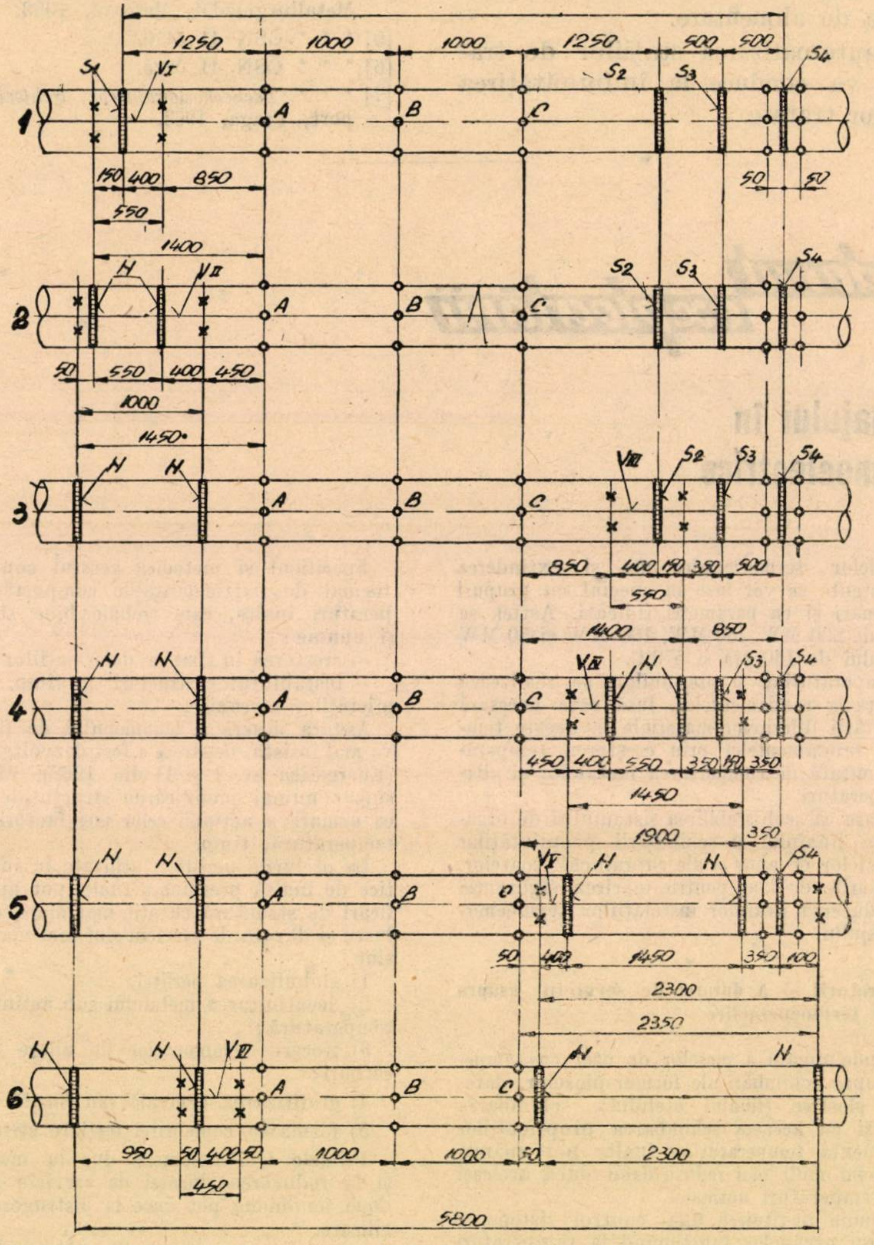
— creşterea deformaţiilor remanente;

— modificările structurale ale metalului şi modificarea proprietăţilor mecanice ale acestuia.

2.2. Se vor controla toate conductele de abur, colectoarele şi separatoarele care funcţionează efectiv cu abur supraîncălzit la temperaturi peste 400°C, cu excepţia conductelor cu diametrul interior de 50 mm sau mai mic, cum şi a conductelor de abur cu funcţionare de scurtă durată, al căror diametru interior este de cel mult 100 mm şi care lucrează cel mult 1 500 ore pe an.

Tabela 1

Procedeul de luare a probelor la controlul porţiunilor de conductă


1250
1000
1000
1250
500
500
S1
VI
S2
S3
S4
1
A
B
C
150
400
850
50
50
550
1400
H
VII
2
50
550
400
450
1000
1450
3
VIII
850
400
150
350
500
550
1400
850
4
VIV
450
400
550
350
150
350
1450
1900
350
5
VV
0
50
400
1450
350
100
2300
2350
6
VII
N
950
50
400
50
1000
1000
50
2300
450
5800

— Locurile *A B* şi *C* sînt locuri de control.
— Probele *I* pînă la *VI* sînt probe de control.
— Sudurile *1* pînă la *4* sînt suduri de control.
— Locul secţiunii; *V* — probă; *N* — sudură care nu se controlează.

2.3. Conductele de abur, colectoarele şi separatoarele trebuie să aibă o fişă tehnică care să cuprindă următoarele date:

— calculul de rezistenţă;
— compoziţia chimică;
— rezultatele încercărilor mecanice;
— rezultatul analizei metalografice;
— rezultatul controlului interior şi exterior al ţevilor înainte de montaj sau la înlocuirea lor în timpul reparaţiei.

În cazul cînd nu există date de uzină, toate încercările necesare se efectuează de întreprinderea de montaj, iar pentru conductele de abur intrate în funcţiune, de către centralele electrice.

Pentru evidenţa regimului de temperatură, trebuie organizată o prelucrare sistematică a graficelor zilnice ale temperaturii aburului de la fiecare cazan şi din conductele principale de abur. Pentru aceasta trebuie să se stabilească numărul de ore de lucru ale conductei de abur la temperaturile :

450° .... 459°
460° .... 469°
470° .... 479° ... etc.

pentru fiecare 10 grd.

În centralele termoelectrice, serviciul de exploatare trebuie să ţină evidenţa depăşirilor de temperatură ale aburului în conducte de abur peste valoarea nominală şi duratele de funcţionare la această temperatură. O depăşire a temperaturii nominale a aburului cu mai mult de 15 grd nu este admisă.

3. Metode de control

3.1. *Controlul deformaţiilor remanente la conductele de abur, colectoare şi separatoare*

Creşterea deformaţiilor remanente se manifestă prin mărirea diametrului conductelor de abur, colectoarelor şi separatoarelor, iar la restul pieselor se manifestă prin schimbarea generală a formei.

Măsurarea deformaţiilor conductelor de abur de la cazan spre conducta principală colectoare şi pe această conductă însăşi se efectuează în toate porţiunile drepte, cuprinse între îmbinările sudate sau prin flanşe, la mijlocul porţiunii, însă nu în vecinătatea suporţilor sau altor brîuri care cuprind conducta (distanţa pînă la suporţi se recomandă să fie de cel puţin trei diametre exterioare ale ţevii).

Măsurarea trebuie făcută pe porţiuni cu temperaturi ale secţiilor cele mai ridicate în funcţionare, după caz, pe porţiunile cele mai solicitate. Locurile de măsurare şi porţiunile de conductă pentru controlul fluajului se stabilesc de proiectantul instalaţiei, pe planul de dispoziţie.

Măsurarea la colectoare şi separatoare cu lungimi peste 2 m se efectuează în 2—3 secţiuni în lungul colectorului (tabela 1, punctele *A*, *B* şi *C*), iar în cazul unei lungimi sub 2 m, într-o singură secţiune.

Pentru controlul deformaţiilor datorite fluajului oţelului, se sudează repere de control din oţel austenitic în locurile destinate măsurărilor (fig. 1).

Aceste repere se amplasează în două planuri perpendiculare, pe cît posibil în plan vertical şi orizontal (fig. 2).

Pentru a asigura precizia măsurărilor, reperele de control trebuie să fie cît mai mici, sudate riguros perpendicular pe tangenta la conductă. După sudare, suprafeţele de contact ale reperelor trebuie şlefuite în aşa fel încît pe ele să nu fie neuniformităţi sau zgîrieturi observabile cu ochiul liber.

Înaintea fiecărei măsurări, suprafeţele de contact ale reperelor se curăţă de murdărie şi de praf, însă fără a folosi pilă sau hîrtie de şmirghel, pentru a nu se deteriora suprafeţele de contact ale reperelor. Toate porţiunile de măsurare trebuie să aibă o izolaţie detaşabilă şi sigură, în aşa fel încît să se excludă răcirea locală a conductei. Pentru măsurare se folosesc micrometre destinate numai acestui scop.

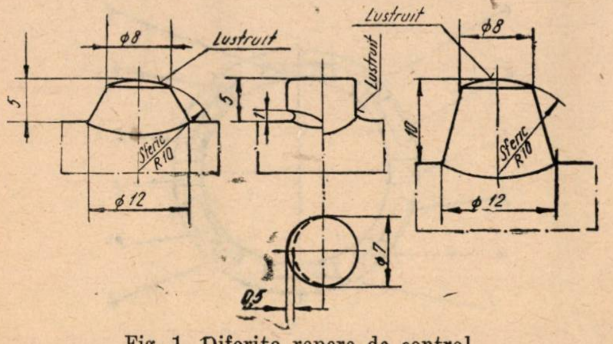


Fig. 1. Diferite repere de control.

Prima măsurare a tuturor ţevilor se efectuează atît la reperele de control, cît şi direct, măsurîndu-se diametrul conductei în vecinătatea reperului de control. Această măsurare se face înaintea încălzirii instalaţiei. Măsurarea de plecare, pentru compararea măsurărilor următoare, se face după exploatarea de probă de 7 sau 14 zile. Măsurările informative se fac după o exploatare de 1 000 pînă la 2 000 ore a instalaţiei, cu ocazia opririi instalaţiei, pentru a se constata dacă materialul nu arată un fluaj deosebit.

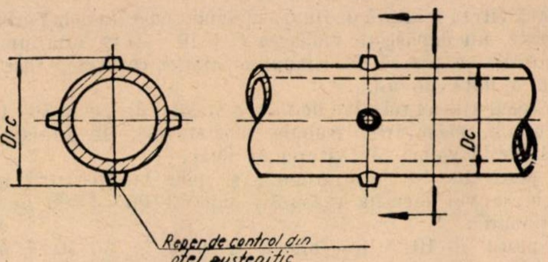


Fig. 2. Poziţia reperelor de control pe conducta de abur.

Măsurarea fluajului se poate efectua numai cînd instalaţiile nu funcţionează, la o temperatură cît mai mică a conductei, cu măsurarea obligatorie a temperaturii peretelui porţiunii măsurate şi a temperaturii aerului înconjurător în vecinătatea mijlocului scoabei micrometrului.

La măsurarea şi calcularea temperaturii este necesar să se ţină seamă de corecţii. Se poate măsura numai în stare caldă stabilizată. Această stare apare atunci cînd temperatura pe termometrul aplicat va rămîne constantă cel puţin o jumătate de oră.

Diametrul real D_{rc}^{ef} (diametrul efectiv), cu corecţia pentru temperatura piesei, este dat de formula :

$$D_{rc}^{ef} = \frac{D_{rc}'}{1 + \alpha_c t_c - \alpha_m t_m} = D_{rc}' \, [1 - \alpha \, (t_c - t_m)], \qquad (1)$$

unde

D_{rc}^{ef} este diametrul efectiv pe reperele de control ;
D_{rc}' — diametrul pe reperele de control, ţinînd seamă de corecţia micrometrului ;
α_c, α_m — coeficienţi de dilatare liniară ai conductei şi ai scoabei micrometrului.

$$\alpha = \frac{\alpha_c + \alpha_m}{2};$$

t_c — temperatura conductei de abur ;
t_m — temperatura aerului înconjurător în apropierea scoabei micrometrului, în momentul măsurării

şi

$$D_{rc}' = D_{rc} \pm b, \text{ în care } b = \frac{b_1 + b_2}{2}, \qquad (2)$$

unde

D_{rc} este diametrul măsurat pe reperele de control, la temperaturile t_c şi t_m ;
b_1 — corecţia la micrometru (după datele verificării cu calele-etalon) înainte de măsurare ;
b_2 — idem, după măsurare.

Formula (1) este valabilă cu următoarele premise :

— temperatura piesei măsurate este aceeaşi cu temperatura peretelui pe toată secţiunea şi cu temperatura reperului ;

— precizia de măsurare a diametrelor la toate măsurările este aceeaşi.

A doua măsurare a fluajului se efectuează după un an pentru agregatele care intră pentru prima dată în exploatare, iar pentru cele în funcţiune, după 6 luni de la prima măsurare.

Din valoarea primei şi a celei de-a doua măsurări se constată prima viteză relativă de fluaj a oţelului, calculată cu formula :

$$C_1 = \frac{D_{rc2}^{ef} - D_{rc1}^{ef}}{D_{rc1}^{ef} \cdot t}, \qquad (3)$$

unde :

C_1 este viteza de fluaj în prima perioadă de măsurare, mm/mm·h ;

$D^{ef}_{rc_1}$ şi $D^{ef}_{rc_2}$ — diametrele constatate după două măsurări, mm ;

t — numărul orelor de funcţionare între prima şi a doua măsurare.

Dacă viteza relativă de fluaj a oţelului, constatată la perioade separate, nu depăşeşte valoarea $C = 10 \cdot 10^{-8}$ mm/mm. h, măsurările se repetă în timpul reparaţiei capitale, însă cel puţin o dată pe an.

În cazul vitezei relative de fluaj a oţelului de peste $10 \cdot 10^{-8}$ mm/mm.h, măsurările trebuie repetate des, în funcţie de următoarele valori ale vitezei de fluaj :

a) peste $10 \cdot 10^{-8}$ mm/mm.h şi pînă la $20 \cdot 10^{-8}$ mm/mm.h, se vor efectua măsurări după 3 500—4 000 ore de funcţionare ;

b) peste $20 \cdot 10^{-8}$ mm/mm.h şi pînă la $50 \cdot 10^{-8}$ mm/mm.h, se vor efectua măsurări după 2 500—3 000 ore de funcţionare ;

c) peste $50 \cdot 10^{-8}$ mm/mm·h şi pînă la $90 \cdot 10^{-8}$ mm/mm·h, se vor efectua măsurări la cea mai apropiată întrerupere a exploatării, însă după cel puţin fiecare 1 500 ore de funcţionare.

Mărirea deformaţiei se stabileşte după formula :

$$\varepsilon = \frac{D^{ef}_{rcn} - D^{ef}_{rc_1}}{D_c} \cdot 100\ [\%], \qquad (4)$$

unde :

ε este deformaţia după a n-a măsurătoare, % ;

D^{ef}_{rcn} — diametrul la a n-a măsurătoare, mm ;

D^{ef}_{rc} — diametrul la prima măsurătoare, mm ;

D_c — diametrul conductei, mm.

Toate măsurările necesare pentru determinarea fluajului se vor efectua de secţia respectivă în colaborare cu un responsabil special desemnat pentru acest scop. Toate măsurările şi calculele respective efectuate la o anumită etapă se înscriu în formulare.

Dacă se constată că viteza de fluaj este peste $90 \cdot 10^{-8}$ mm/mm.h, se va organiza o cercetare amănunţită a porţiunii respective, tăind din aceasta o bucată de cel puţin 300 mm lungime în vederea încercărilor la fluaj, determinării structurii şi analizei metalului privind conţinutul de carburi.

Dacă starea materialului conductelor de abur, colectoarelor şi separatoarelor poate duce la avarii, se va proceda la înlocuirea lor imediată.

3.2. *Controlul fluajului ţevilor supraîncălzitoarelor*

Diferitele secţiuni ale supraîncălzitoarelor de abur funcţionează deseori la temperaturi peste cele calculate, fapt care conduce la accelerarea fluajului. Pentru a evita opririle prin avarii ale cazanelor, datorită spargerii ţevilor supraîncălzitorului de abur, este necesar să se efectueze un control asupra creşterii deformaţiilor remanente.

Controlul fluajului se efectuează cu ajutorul unor calibre de diferite dimensiuni, special construite :

- calibrul nr. 1, diametrul nominal exterior +1,5% ;
- calibrul nr. 2, diametrul nominal exterior + 2,5% ;
- calibrul nr. 3, diametrul nominal exterior + 3,5% ;
- calibrul nr. 4, diametrul nominal exterior + 4,5%.

Cu calibrul nr. 1 se vor măsura ţevile cu toleranţă în minus (pînă la 1%) a diametrului nominal, cu calibrul nr. 2 — ţevile cu diametrul egal cu diametrul nominal, cu calibrul nr. 3 — ţevile cu toleranţă în plus (pînă la 1%), iar cu calibrul nr. 4 — numai ţevile din oţel-carbon cu toleranţe în plus.

Dimensiunile calibrelor se verifică înaintea fiecărei măsurări. Prima măsurare şi, în caz de necesitate, măsurările de control se efectuează cu compasul.

Măsurarea ţevilor se va executa în zona temperaturilor maxime ale peretelui supraîncălzitorului. Fiecare ţeavă se măsoară, de regulă, după diametre perpendiculare. Locurile ţevilor destinate pentru măsurări trebuie curăţate cu grijă fără a se utiliza pila sau hîrtie de şmirghel. Spre deosebire de conducte, unde măsurările se efectuează pe repere montate prin sudură, la ţevile de supraîncălzitor măsurarea se execută direct pe ţeavă.

De fiecare dată, măsurarea se execută în aceleaşi locuri ale ţevilor. Prima măsurare se va efectua la montajul supraîncălzitorului, iar următoarele la fiecare oprire a cazanului pentru reparaţie curentă sau capitală.

Rezultatul măsurărilor se va trece într-un formular. Porţiunile în care apare o deformaţie remanentă peste 2,5% din diametrul nominal pentru ţevile din oţel aliat şi peste 3,5% pentru ţevile din oţel-carbon trebuie tăiate şi înlocuite cu altele noi.

3.3. *Controlul modificărilor structurale ale metalului*

Pentru urmărirea modificărilor structurale ale metalului conductelor sub acţiunea temperaturilor şi a presiunilor înalte, în centralele electrice noi, se stabilesc porţiuni de control pe conductele de abur. Pe aceste porţiuni se măsoară şi deformaţiile remanente.

Porţiunile de control se prevăd în timpul proiectării conductelor şi sînt executate în timpul montajului acestora. De regulă, aceste porţiuni trebuie să fie pe conductele de abur care pleacă de la cazan spre conducta principală colectoare. Pentru fiecare porţiune de control trebuie să existe o fişă tehnică pentru consemnarea rezultatelor. Porţiunile de control trebuie să fie rectilinii, cu o lungime de cel puţin 5 m între îmbinările sudate.

Conductele prevăzute pentru porţiunile de control, înainte de montajul lor, trebuie măsurate cu grijă şi cercetate din punctul de vedere al stării iniţiale a metalului. Se recomandă ca diametrul porţiunii de control să nu depăşească diametrul nominal.

De la un capăt al conductei se taie o porţiune de 300—500 mm lungime, pentru cercetarea metalului, măsurîndu-se totodată grosimea peretelui conductei la ambele extremităţi.

În trei secţiuni (tabela 1, secţiunile A, B şi C) se sudează pe conductă reperele de control din oţel austenitic. După sudarea tuturor reperelor, se măsoară cu deosebită grijă dimensiunile diametrale (diametrul conductei plus înălţimea a două repere de control opuse), precum şi diametrul direct al conductei în vecinătatea acestor repere de control.

Pe conducta de control se execută patru suduri de control, S_1, S_2, S_3, şi S_4, dispuse ca în tabela 1, poz. 1, după care se tratează termic şi restul conductei de abur.

La controlul stării iniţiale a metalului se determină :

a) compoziţia chimică completă, inclusiv stabilirea elementelor de aliere în carburi ;

b) duritatea H_B în secţiune transversală, conform STAS 165—49 ;

c) încercarea la tracţiune la 20°C ;

d) încercarea de rezilienţă la 20°C, conform STAS 1 400—50 ;

c) încercări de fluaj.

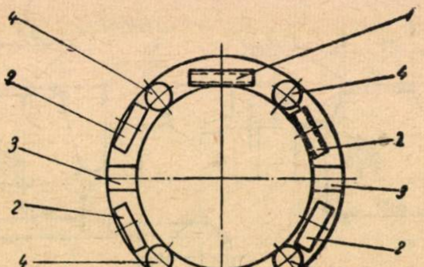


Fig. 3. Schema tăierii epruvetelor din conducta porţiunii de control ;

1 — epruvete pentru încercarea la rupere ; *2* — epruvete pentru încercarea la rezilienţă ; *3* — epruvete pentru microşlifuri şi analiza carburilor ; *4* — epruvete pentru încercarea la fluaj.

Schema tăierii epruvetelor din conducta porţiunii de control se vede în figura 3.

Locurile de tăiere ale epruvetelor trebuie să fie cel puţin de 50 mm de la capătul conductei, în special dacă conducta a fost tăiată cu flacăra. Epruvetele pentru încercări trebuie tăiate numai pe cale mecanică.

Analizele trebuie să fie deosebit de îngrijite în ceea ce priveşte microstructura stării iniţiale a metalului, deoarece această microstructură va servi ca etalon pentru compararea ulterioară a structurii aceluiaşi metal.

Toate datele încercărilor şi măsurărilor iniţiale se înregistrează de întreprinderea de montaj, sau secţia respectivă a centralei, în fişa tehnică a porţiunii de control.

Ţevile destinate înlocuirii porţiunilor de control trebuie să îndeplinească următoarele condiţii :

— să aibă aceeaşi compoziţie chimică şi caracteristici fizico-mecanice ca şi conducta montată ;

— să nu aibă abateri de la grosimea pereţilor ;

— diametrul porţiunii de control să nu depăşească diametrul nominal ;

— să fie lipsite de orice fel de defecte de suprafaţă vizibile cu ochiul liber ;

— să fie cu cel puţin 600 mm mai lungi decît porţiunea de control.

Diferenţa între lungimea ţevii şi a porţiunilor de control se foloseşte pentru pregătirea epruvetelor necesare controlului stării iniţiale a metalului conductei.

Pentru instalaţiile noi, la care a fost cercetată starea iniţială a metalului conductei, se scot în cursul exploatării, la intervale bine stabilite, probe din porţiunea de control, pentru verificarea modificărilor structurale suferite de metal şi compararea lor cu starea iniţială.

Modalitatea scoaterii probelor din porţiunea de control se vede în tabela 1, poz. 1—6. În locul probei luate, se sudează ţeava de rezervă de aceeaşi lungime, ca să se păstreze pretensionarea, şi din aceeaşi şarjă de oţel, pregătită de la montaj.

După sudarea ţevii de rezervă, în locul probei V, nu se mai pot măsura modificările diametrului în secţiunea C, deoarece această secţiune intră în zona de influenţă termică a sudurii.

Acest lucru este valabil şi pentru secţiunea de control A, după eventuala sudare a ţevii de rezervă în locul probei VI.

La resudarea ţevilor de rezervă în locul probelor luate, sudurile trebuie tratate termic corespunzător cu calitatea materialului şi a dimensiunilor conductei.

Perioadele de timp pentru scoaterea probelor sînt următoarele :

— proba I după 5 000 ore de funcţionare
— proba a II-a după 20 000 ore de funcţionare
— proba a III-a după 40 000 ore de funcţionare
— proba a IV-a după 65 000 ore de funcţionare
— proba a V-a după 90 000 ore de funcţionare
— proba a VI-a după necesitate.

Probele tăiate din porţiunea de control se supun unor cercetări analoge ca şi pentru metalul în stare iniţială, acordîndu-se în acest caz o atenţie deosebită studiului microstructurii.

Compararea rezultatelor încercărilor metalului permite să se aprecieze gradul de siguranţă pentru funcţionarea viitoare a conductei de abur în condiţiile de exploatare respective.

La conductele de abur în funcţiune, în loc de porţiuni de control se stabilesc numai locuri de control pentru măsurări, în vederea determinării deformaţiilor remanente şi dacă este posibil şi pentru luarea probelor în vederea urmăririi modificărilor structurale ale metalului. În acest caz, prima probă se scoate la începerea măsurărilor, iar celelalte probe în intervalul de ore indicat mai sus pentru instalaţiile noi, orele de funcţionare calculîndu-se la începerea iniţială a funcţionării.

Scoaterea probelor şi măsurările periodice se efectuează de secţia respectivă a centralei, sub îngrijirea şi răspunderea responsabilului cu fluajul pe centrală.

3.4. *Controlul grafitizării*

Din punctul de vedere al grafitizării, trebuie controlate conductele de abur, colectoarele şi separatoarele executate din oţel cu molibden, care funcţionează la temperaturi de peste 400°C.

Locurile cu dezvoltarea cea mai intensă a grafitizării sînt :

— zonele de influenţă termică la sudarea conductelor ;

— porţiunile care au fost supuse unor deformaţii la rece şi unor încălziri locale, neurmată de un tratament termic complet. Acestor porţiuni trebuie să li se acorde o atenţie deosebită la controlul grafitizării. Controlul serveşte la verificarea capacităţii de lucru a îmbinării prin sudură şi pentru constatarea la timp a defectelor neadmise, în scopul înlăturării lor.

Sudurile se urmăresc pe porţiunea de control, unde, înainte de montaj, se efectuează pe aceasta sudurile de control S_1, S_2, S_3 şi S_4.

La îmbinări prin sudură se execută următoarele probe înaintea punerii în funcţiune :

— examinarea amănunţită a suprafeţei ;

— încercarea magnetică pentru detectarea fisurilor superficiale ;

— controlul cu raze X ;

— stabilirea durităţii pe îmbinare la suprafaţa exterioară.

Îmbinările prin sudură destinate controlului schimbării proprietăţilor metalului de sudură şi zonei de influenţă termică se taie din porţiunea de control după metoda arătată în tabela 1, poz. 1, 3, 4, 5, în următoarele intervale de timp :

— sudura 1 (S_1) după 5 000 ore de funcţionare
— sudura 2 (S_2) după 40 000 ore de funcţionare
— sudura 3 (S_3) după 65 000 ore de funcţionare
— sudura 4 (S_4) după 90 000 ore de funcţionare

Cu aceste probe se efectuează toate încercările în volumul indicat la controlul modificărilor structurale ale metalului. La analiza microstructurii, se va da o atenţie deosebită controlului grafitizării. Toate controalele iniţiale se execută de întreprinderea de montaj în colaborare cu centrala electrică.

Controalele ulterioare, în timpul exploatării, se execută de centrala electrică în intervalele de timp menţionate.

Concluzii

La montarea de agregate energetice cu temperaturi de lucru peste 400°C se impune un control sistematic al fluajului şi al transformărilor structurale din material, control care trebuie să înceapă o dată cu montajul instalaţiei şi să fie continuat pe toată perioada cît organele respective sînt în serviciu.

În momentul de faţă, fluajul nu este urmărit continuu, ci se face sporadic, de către numai cîteva centrale din ţară fiind imposibilă centralizarea datelor şi tragerea unor concluzii generale.

De aceea se impune să se organizeze controlul fluajului, ceea ce va duce la evitarea unei serii de avarii ale instalaţiilor.

Din EXPLOATARE

Metodă practică pentru identificarea defectelor de izolație pe liniile de înaltă tensiune cu neutrul legat la pămînt

Ing. I. Gheorghiu

Realizarea complexului de măsuri de exploatare la liniile de transport de energie electrică, în scopul alimentării în mod continuu a consumatorilor, este un proces destul de dificil, datorită faptului că, pe de o parte, acestea nu pot fi întrerupte oricînd, pentru a nu produce perturbații în buna funcționare a consumatorilor, iar pe de altă parte datorită faptului că modul de exploatare a rețelelor electrice aeriene, precum și mijloacele de care dispunem în momentul de față nu corespund unui nivel tehnic satisfăcător.

Supravegherea bunei stări a liniilor de transport de energie se face de către electricieni prin controale periodice și după avarii sau prevenire de avarii, care, mergînd de-a lungul lor, controlează amănunțit liniile și traseul acestora. În afară de acestea se mai efectuează din cînd în cînd controale de către personalul cu o calificare superioară, maiștri, tehnicieni sau ingineri.

În mod special, astfel de controale este indicat a se efectua înainte de începerea pregătirilor de iarnă și primăvară, pentru a se stabili programul lucrărilor de revizii de către o persoană cu suficientă competență tehnică.

Controalele periodice se fac pe bază de grafice de control, în urma cărora sînt înregistrate toate defecțiunile descoperite pe linii, remedierea lor executîndu-se în ordinea urgenței și posibilităților de întrerupere.

Parte din aceste defecțiuni, care se pot remedia fără întreruperea liniei, cum sînt defecțiunile la stîlpi, bandaje, buloane, plăcuțe avertizoare, precum și lucrările de curățire a traseului, sînt efectuate imediat. Alte defecțiuni, cum sînt cele de la conductoare, conductor de protecție și izolatoare, sînt remediate cu scoaterea liniilor de sub tensiune, prin opriri programate sau în cazuri speciale prin opriri de prevenire de avarii.

Tabela 1

Nr. crt.	Linia avariată	Nr. întreruperilor	Felul defecțiunii		Felul scurtcircuitului			RAR		Unde s-a produs defectul			Rezultatul controlului	Luna în care s-a produs majoritatea defecțiunilor și starea timpului
			persistent	trecător	monofazat	bifazat	trifazat	reușit	nereușit	elementele de izolație	elementele stîlpului	elementele conduct.		
1	L. 110 kV Roman-Borzești Circ. I	11	2	9	11	—	—	—	11	8	—	3	La un control s-a găsit conductor rupt și căzut la pămînt. La două controale, conductorul ciupit. La restul controalelor nu s-a găsit nimic	Ianuarie, februarie, decembrie; lapoviță, ceață și promoroacă
2	L. 110 kV Roman-Borzești Circ. II	12	—	12	12	—	—	3	9	12	—	—	La un singur control s-a găsit un lanț de izolatoare afumate. La restul controalelor nu s-a găsit nimic	Idem
3	L. 110 kV Roman-Bicaz Circ. I	8	—	8	8	—	—	2	6	8	—	—	La două controale s-au găsit izolatoare afumate pe cîte o fază. La restul controalelor nu s-a găsit nimic	Idem
4	L. 110 kV Roman-Bicaz Circ. II	4	—	4	4	—	—	1	3	4	—	—	La controale nu s-a găsit nimic	Idem
5	L. 110 kV Roman-Iași	42	—	42	42	—	—	37	5	42	—	—	La opt controale s-au găsit izolatoare afumate. La restul controalelor nu s-a găsit nimic	Mai, august, septembrie; descărcări atmosferice, ceață foarte puternică
6	L. 110 kV Borzești-Bîrlad	9	—	9	9	—	—	6	3	9	—	—	La două controale s-au găsit izolatoare afumate	Iunie, iulie, august; descărcări atmosferice
7	L. 110 kV Bicaz-Suceava	19	—	19	19	—	—	4	15	19	—	—	La zece controale s-au găsit lanțuri de izolatoare conturnate	Iunie, iulie, august, septembrie; descărcări atmosferice
	Total	105	2	103	105	—	—	53	52	102	—	3		

Avînd în vedere modul cum se efectuează supravegherea bunei stări a liniei, rezultă că prin efectuarea acestor controale nu se pot descoperi decît defectele evidente, defecte la stîlpi, conductoare deteriorate, fir de gardă, izolatoare sparte, prize de pămînt, plăcuțe avertizoare etc.

Constatări identice se fac și cu ocazia controalelor după avarii, cu toate că astfel de controale sînt impuse în urma unei întreruperi a liniei datorită unui defect, dar în urma cărora nu se poate ști dacă izolația nu a fost afectată, întrucît adeseori nu se poate determina unde s-a produs defecțiunea. În practica exploatării se folosesc atît controalele periodice cît și controalele în urma avariilor, ambele fiind într-adevăr foarte utile.

Trebuie numai remarcat că în anumite situații de avarii și în mod special atunci cînd se produc defecte nepersistente pe linii, aceste controale nu sînt eficace.

Echipele care se întorc din astfel de controale nu pot stabili locul unde s-a produs defectul pe linia avariată. Astfel, neputîndu-se lua nici o măsură, linia rămîne în continuare cu izolație slăbită și va declanșa ori de cîte ori vor apărea condițiile unei noi străpungeri a nivelului de izolație micșorat.

Un studiu atent al datelor în legătură cu deconectările care se produc la liniile de transport de energie electrică de 110 kV a condus la concluzia că majoritatea acestora au loc datorită unor defecțiuni ce nu pot fi descoperite la controlul liniilor și care se datoresc defectelor de izolație. Defectele legate de izolație, în afara izolatoarelor sparte, nu pot fi descoperite chiar cu binoclul, privind lanțurile de izolatoare de jos, astfel că aceste defecte, rămînînd nedescoperite și neremediate, conduc la foarte multe întreruperi de scurtă durată, parte din ele restabilindu-se prin funcționarea dispozitivelor de RAR, iar altele prin cuplarea manuală a liniei.

Astfel, în tabelele 1 și 2 sînt redate întreruperile pe liniile de 110 kV din Întreprinderea regională de electricitate Bacău, care s-au produs în cursul anilor 1962 și 1963. După cum rezultă din analiza acestor întreruperi, grupate pe elementele la care se pot produce defecțiuni care să conducă la întreruperea liniei, din totalul de 105 controale efectuate în urma a 105 întreruperi ale liniilor de 110 kV produse în 1962, numai la un număr de 26 controale s-au putut stabili locul și felul defectului. Totodată, din 105 defecte produse, 102 au fost la izolație și numai 3 la conductoare. Din tabela 2 se observă că, în cursul anului 1963, din totalul de 54 controale efectuate în urma a 54 de întreruperi produse la liniile de 110 kV, numai la 14 controale s-au putut stabili locul și felul defectului, iar din cele 54 defecte produse, 53 au avut loc la izolație și numai un singur defect la elementele stîlpului.

După cum se observă, numărul defectelor persistente este foarte mic în raport cu cele nepersistente.

Ținînd seama de exigența impusă în asigurarea continuității alimentării cu energie electrică a consumatorilor care sînt perturbați atît de întreruperile datorită defectelor persistente cît și de cele nepersistente, este necesară organizarea exploatării în așa fel, încît să conducă la micșorarea numărului de întreruperi, reducerea timpului de lichidare a avariilor și creșterea eficienței controalelor prin echipele de electricieni.

Cazul defectelor persistente

Reducerea defectelor persistente s-a datorat unor măsuri preventive luate în cadrul Întreprinderii regionale de electricitate Bacău, printre care se enumeră :

— stabilirea, pe harta rețelelor regiunii, a zonelor în care este favorizată depunerea de chiciură ;

— organizarea urmăririi permanente a condițiilor meteorologice care favorizează depunerile de chiciură ;

— supravegherea atentă și permanentă a rețelelor în perioadele prielnice depunerilor de chiciură ;

— întărirea consolelor la o parte din stîlpii din zonele în care este favorizată depunerea de chiciură prin montarea unor tiranți speciali ;

— întărirea și schimbarea unor fundații la traversările de rîuri ;

Tabela 2

Nr. crt.	Linia avariată	Nr. întreruperilor	Felul defecțiunii		Felul scurt-circuitului			RAR		Unde s-a produs defectul			Rezultatul controlului	Luna în care s-a produs majoritatea defecțiunilor și starea timpului
			persistent	trecător	monofazat	bifazat	trifazat	reușit	nereușit	elementele de izolație	elementele stîlpului	elementele conductorului		
1	L. 110 kV Roman-Borzești Circ. I	2	—	2	2	—	—	—	2	2	—	—	La controale nu s-a găsit nimic	Martie ; furtună
2	L. 110 kV Roman-Borzești Circ. II	8	1	7	8	—	—	2	6	8	—	—	La controale nu s-a găsit nimic	Martie, noiembrie ; ceață, lapoviță
3	L. 110 kV Roman-Bicaz Circ I.	3	1	2	3	—	—	—	3	2	1	—	La un control s-a găsit o consolă ruptă, în rest nimic	Martie ; lapoviță (chiciură), furtună
4	L. 110 kV Roman-Bicaz Circ. II	4	—	4	4	—	—	2	2	4	—	—	La controale nu s-a găsit nimic	Noiembrie, decembrie ; ceață, furtună
5	L. 110 kV Roman-Iași	17	—	17	17	—	—	9	8	17	—	—	La două controale s-au găsit izolatoare conturnate, în rest nimic	Iunie, iulie, august ; descărcări atmosferice, ceață
6	L. 110 kV Borzești-Bîrlad	11	3	8	10	1	—	5	6	11	—	—	La șase controale s-au găsit izolatoare sparte și conturnate, în rest nimic	Februarie și decembrie ; ceață f. deasă. Iunie ; descărcări atmosferice
7	L. 110 kV Bicaz-Suceava	9	—	9	9	—	—	5	4	9	—	—	La cinci controale s-au găsit izolatoare sparte și conturnate, în rest nimic	Iunie, iulie ; descărcări atmosferice, ceață
	Total	54	5	49	53	1	—	23	31	53	1	—		

— stabilirea, pe harta rețelelor regiunii, a zonelor cu alunecări de teren, care sînt ținute sub supraveghere permanentă;

— revizuirea periodică a legăturilor prin cleme.

Acestea sînt doar cîteva din măsurile mai importante luate în scopul prevenirii avariilor.

Pentru scurtarea timpului de lichidare a avariilor, în plus față de organizarea intervenției prin echipele de control, se folosesc locatoarele electronice, pentru determinarea distanței pînă la locul defectului.

Cu locatoarele electronice se pot determina distanțele pînă la locul defectului pe liniile electrice aeriene, dacă aceste defecte persistă, în care caz linia rămîne deconectată pînă la găsirea și remedierea defectului.

În ceea ce privește stabilirea exactă a locului de defect, prin echipele de control, este în unele cazuri foarte grea.

Aceasta se întîmplă în mod special cu defectele de izolație pentru avarii produse pe timp de ploaie, ceață, lapoviță și ninsoare, iar cînd acestea se produc noaptea, pe timp de ceață sau lapoviță, determinarea exactă a locului defectului este aproape imposibilă chiar și cu locatoarele electronice, ale căror indicații devin imprecise în aceste cazuri. În multe din aceste cazuri trebuie așteptată îmbunătățirea condițiilor de vizibilitate.

Cazul defectelor nepersistente

Din studiul datelor prezentate în cele două tabele, rezultă în mod evident că trebuie să ne îndreptăm atenția spre reducerea numărului de întreruperi datorite defectelor nepersistente, pentru care este necesară găsirea unei metode de determinare a defectelor de izolație ce rămîn nedescoperite în urma controalelor.

Pentru reducerea acestor întreruperi, se poate folosi ca metodă preventivă măsurarea potențialului pe lanțurile de izolatoare, metodă foarte bună și necesară. În cazul însă, în care măsurile respective trebuie luate operativ, ea nu mai satisface decît dacă s-ar efectua măsurători la un stîlp, doi, sau o mică porțiune din linie, întrucît în cazuri de avarii datorite unor defecte nepersistente, cînd nu se cunoaște locul defectului, verificarea întregii linii este imposibilă, întrucît timpul necesar pentru verificarea izolației întregii linii ar fi exagerat de mare.

O altă metodă preventivă pentru determinarea defectelor de izolație este folosirea defectoscopului pentru identificarea punctelor slabe la liniile electrice aeriene. În ceea ce privește această metodă nu poate fi folosită decît pe timp uscat, folosirea pe timp de ploaie sau umed fiind complet exclusă.

În afară de aceste metode, există și altele, folosite în străinătate, dar nici una nu exclude efectuarea controlului prin echipe de electricieni, control care, așa cum s-a mai arătat, nu este eficient. Astfel, pentru îmbunătățirea condițiilor de exploatare a rețelelor de transport de energie electrică, trebuie rezolvată în primul rînd eficiența controalelor.

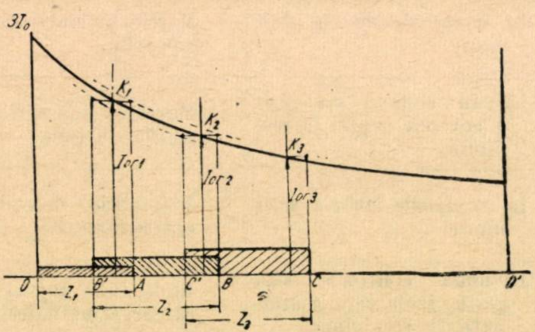


Fig. 1.

Experiența exploatării arată că numai defectele persistente și o mică parte din cele nepersistente pot fi descoperite. Mare parte din defecte, indiferent de cauzele care le-au produs, nu pot fi descoperite nici prin control, nici cu ajutorul dispozitivelor existente, iar noaptea sau pe timp de ceață, chiar defectele persistente, dacă s-au produs la izolație, foarte rar se pot depista.

Analizînd posibilitatea de îmbunătățire a condițiilor de exploatare și întreținere a liniilor electrice aeriene, folosind nivelul tehnic actual și ajutați de elementele primare și secundare ale rețelei, trebuie ca atenția să fie îndreptată spre rezolvarea următoarelor probleme:

A. Determinarea precisă a fazei pe care s-a produs avaria, pentru a putea identifica lanțul de izolatoare la care trebuie să se facă verificarea cu ștanga de măsură.

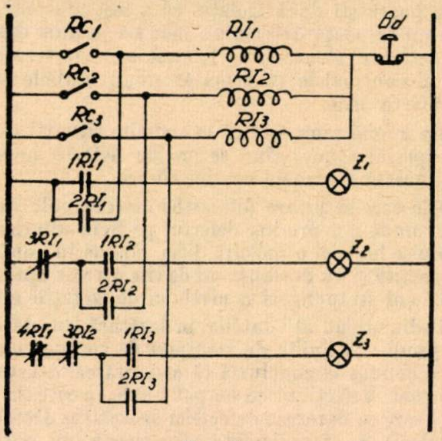


Fig. 2.

B. Determinarea zonei în care s-a produs defecțiunea, pentru a se controla numai această zonă, scurtînd astfel timpul de control și neirosind în felul acesta forța de muncă prin răspîndirea tuturor oamenilor pentru controlul întregii linii.

C. Determinarea stîlpului sau a unei mici porțiuni de cîțiva stîlpi dintr-o zonă, la care s-a produs defecțiunea, pentru ca verificarea cu ștanga să se facă numai la o fază a unui stîlp, sau a cîtorva stîlpi.

Pentru rezolvarea acestor cerințe, în cadrul Întreprinderii regionale de electricitate Bacău, s-a luat o serie de măsuri, în urma cărora s-au obținut rezultate mult mai bune în problemele de exploatare, întreținere și scurtarea timpului de lichidare a avariilor în rețelele de 110 kV.

A. *Cunoașterea fazei la care s-a produs defectul*

Faza la care s-a produs defectul se poate cunoaște prin semnalizările protecției de distanță, montată la cele două capete ale liniei, iar la stîlpul la care a avut loc defecțiunea, prin inscripția ordinii fazelor. În acest scop, este necesară verificarea corespondenței fazelor între partea primară și secundară a liniilor, astfel ca semnalizările releelor montate în circuitele secundare să corespundă etichetării fazelor primare. De asemenea, în cazul cînd ordinea fazelor nu este înscrisă pe stîlpii liniei, se vor lua măsuri de scriere a ordinii fazelor cu vopsea pe fiecare stîlp pentru ca oamenii care efectuează controlul să poată identifica exact care este faza, R, S sau T, la fiecare stîlp.

B. *Determinarea zonei în care s-a produs defectul*

Cunoașterea zonei în care s-a produs defectul este de mare importanță, pentru ca echipele de control în momentul declanșării avariei să nu fie trimise în control pe întreaga linie.

Pentru a determina zona în care s-a produs defectul, se va folosi efectul curentului homopolar, secundar și primar, care ia naștere în timpul scurtcircuitelor.

În acest scop se va împărți linia în mai multe zone.

În figura 1 s-a trasat variația curentului homopolar de-a lungul liniei *OO'*.

Să presupunem că pe linia *OO'* s-au fixat ca puncte de delimitare a zonelor punctele K_1, K_2 și K_3.

La capătul *O* al liniei, pe filtrul homopolar s-a montat un releu cu funcționare în trei trepte, fiecare treaptă de lucru a releului corespunzînd celor trei zone alese.

Releul este realizat din trei elemente de curent, trei elemente intermediare și trei beculețe și dintr-un buton de anulare a semnalizărilor. Schema electrică a releului este redată în figura 2. Toate elementele ce compun releul sînt de dimensiuni mici și s-au montat într-o cutie metalică. Cutia metalică este prevăzută cu un capac cu geam de sticlă.

Funcționarea releului

Elementul Rc_1 al releului se reglează la valoarea curentului de scurtcircuit $I_{or\,1}$ a punctului de delimitare K_1 a primei zone. Acest element va lucra pentru toate scurtcircuitele produse în prima zonă, deoarece valorile lor vor fi mai mari decît valoarea curentului reglat la releu.

După cum se observă din schemă, prin închiderea contactului releului Rc_1 acționează releul intermediar RI_1, care se autoreține și alimentează beculețul Z_1, ce rămîne aprins. Anularea releului se face de către electricienii de tură prin apăsarea butonului *Bd*.

Celelalte elemente de curent Rc_2 și Rc_3 se reglează la valorile curenților $I_{or\,2}$, respectiv $I_{or\,3}$, corespunzătoare punctelor de delimitare K_2 și K_3 a celorlalte două zone. În același mod, releul funcționează și pentru defecte în zona a doua și a treia.

După cum se observă, pentru defectele din prima zonă își vor închide contactele și releele Rc_2 și Rc_3, dar becurile Z_2 și Z_3 nu vor semnaliza, întrucît releul RI_1 deschide contactele $3RI_1$ și $4RI_1$. De asemenea, pentru defectele din zona a doua va lucra și releul Rc_3, însă beculețul Z_3 nu se va aprinde deoarece releul RI_2 își deschide contactul $3RI_2$. Deci pentru defecte produse în prima zonă se va aprinde beculețul Z_1, pentru defectele produse în zona a doua se va aprinde beculețul Z_2, iar pentru a treia, Z_3.

Montarea releului pe filtrul homopolar la capătul liniei este redată în figura 3.

Stabilirea zonelor de control

În figura 1 se observă că zonele Z_1, Z_2 și Z_3 nu sînt delimitate în mod exact de punctele K_1, K_2 și K_3, întrucît componenta homopolară a curentului nu poate fi stabilită în mod exact, deoarece depinde de foarte mulți factori, în funcție de situația din sistem. De aceea zona Z_1 depășește punctul K_1, iar începutul zonei Z_2 este retras față de punctul K_1 pînă în punctul B'.

Stabilirea delimitării zonelor se face luînd coeficienți de siguranță față de valoarea curentului de reglaj al elementelor de curent, I_{or1}, $I_{or\,2}$ și $I_{or\,3}$

Pentru punctul A se va lua $K_{sig}\cdot I_{or1}$.

$K_{sig.}$ — coeficientul de siguranță subunitar, poate fi luat între 0,85—0,95.

Pentru punctul B' se va lua $K_{sig}\cdot I_{or1}$

$K_{sig.}$ — coeficient de siguranță supraunitar, poate fi luat între 1,15—1,3.

În același mod se stabilesc și zonele Z_2 și Z_3. În caz de avarie pe linie, la semnalizarea zonei Z_1 echipele de control vor fi trimise să controleze numai această porțiune din linie. La fel și în cazul celorlalte zone. În felul acesta se reduce foarte mult timpul de control al liniei, deci și timpul de lichidare a avariei.

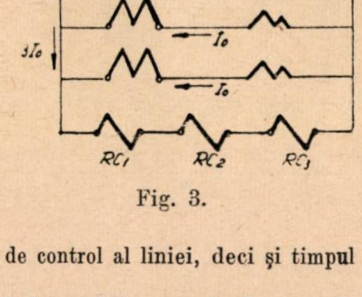


Fig. 3.

În figura 4 sînt stabilite zonele de control pentru cazul cînd se montează relee în ambele capete ale liniei.

Avînd în vedere că variația curentului homopolar de-a lungul liniei este mai mare pe prima porțiune din linie, este bine ca zonele din fiecare capăt să nu depășească prea mult jumătatea liniei.

Acest lucru este necesar întrucît, pe prima parte a liniei, la variații mari ale curentului homopolar, corespund variații mici de lungimi de linie, ceea ce permite stabilirea zonelor fără a se suprapune prea mult între ele. În a doua jumătate a liniei, variațiile curentului homopolar de-a lungul liniei sînt foarte mici, corespunzînd la variații de lungimi de linie prea mari, ceea ce ar conduce la suprapunerea treptelor pe porțiuni de linie prea mari.

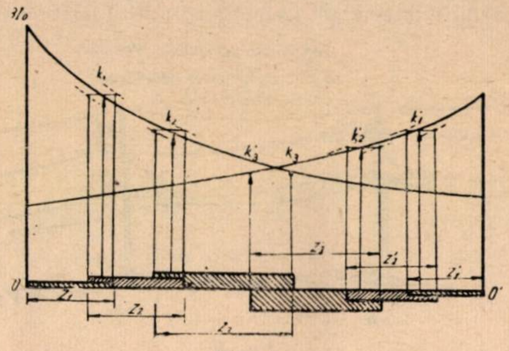


Fig. 4.

C. *Determinarea stîlpului la care s-a produs defectul*

Soluția folosită pentru cunoașterea stîlpului la care s-a produs defectul este foarte simplă la liniile de 110 kV cu neutrul legat la pămînt.

a) Linii de 110 kV fără conductor de protecție

La aceste linii se poate determina exact stîlpul la care s-a produs defectul.

Pentru determinarea exactă a stîlpului la care s-a produs defectul, s-a folosit efectul curentului homopolar, cunoscînd că prin banda prizei de pămînt a stîlpilor în caz de defect va circula, spre pămînt, valoarea curentului $3I_0$. Pentru aceasta se va monta la fiecare stîlp al liniei, pe banda prizei de pămînt, un dispozitiv electromagnetic de semnalizare, care va semnaliza la scurgerea curentului spre priza de pămînt, indicînd în felul acesta că la acel stîlp a avut loc un defect.

Astfel, echipele trimise în control vor controla în plus la fiecare stîlp dacă a lucrat dispozitivul electromagnetic, determinînd în felul acesta în mod exact stîlpul la care a avut loc defectul.

În acest fel se ușurează foarte mult întreținerea nivelului normal al izolației liniei, deoarece, în urma controlului efectuat după producerea avariei, cunoscînd exact stîlpul și faza la care s-a produs defectul, se va trimite echipa de măsurători cu ștanga, care va verifica izolația lanțului de pe faza respectivă, luîndu-se apoi măsurile corespunzătoare.

Dispozitivul electromagnetic, executat în cadrul Întreprinderii regionale de electricitate Bacău, lucrează bine, este simplu, mic ca dimensiune și ieftin.

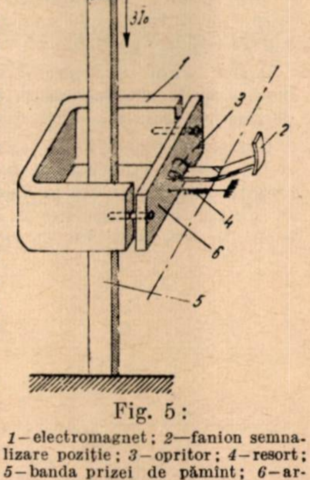


Fig. 5:
1—electromagnet; *2*—fanion semnalizare poziție; *3*—opritor; *4*—resort; *5*—banda prizei de pămînt; *6*—armătură.

El constă dintr-un electromagnet a cărui spiră este banda prizei de pămînt, un fanion de semnalizare și un resort de readucere a armăturii în poziție inițială (fig. 5).

Din figura 1 se observă că la trecerea curentului prin banda prizei de pămînt, spre pămînt, armătura mobilă a electromagnetului, fiind atrasă, eliberează fanionul, care prin proprie greutate cade în jos, rămînînd căzut pînă la readucerea în poziția „blocat".

Readucerea armăturii mobile în poziție inițială se face de către un resort, iar a fanionului de către personalul de control, printr-un dispozitiv de readucere.

Funcționarea dispozitivului se verifică privind poziția fanionului printr-un gol (gemuleț cu sticlă) lăsat în carcasă.

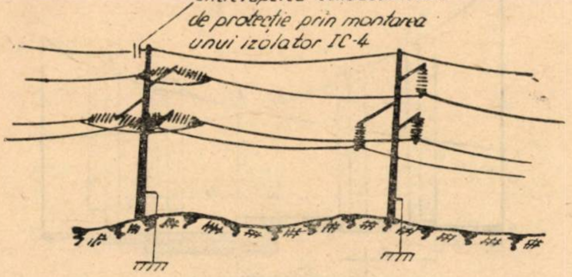

Întreruperea conductorului de protecție prin montarea unui izolator IC-4

Fig. 6.

Întregul dispozitiv se află închis într-o carcasă nemagnetică, care poate fi executată din aluminiu sau material plastic.

Montarea acestui dispozitiv trebuie să fie astfel făcută ca să poată fi ferit de jocul copiilor. De aceea este indicat să fie montat la o înălțime de 2—3 m sau la baza stîlpului învelit în beton, lăsînd loc să se poată privi în interior.

Soluțiile de fixare a dispozitivului se vor stabili de la caz la caz după tipul stîlpului.

b) Linii de 110 kV cu conductor de protecție

La liniile de 110 kV cu conductor de protecție trebuie luate cîteva măsuri speciale, deoarece conductorul de protecție fiind legat la pămînt la toți stîlpii, dispozitivele vor lucra la mai mulți stîlpi deodată pe o mare parte din linie. Pentru a evita acest lucru, este necesară întreruperea continuității conductorului de protecție de la un panou la altul la stîlpii de întindere. În felul acesta vor semnaliza dispozitivele sau o parte din dispozitivele din panoul respectiv.

De asemenea este posibil să se izoleze conductorul de protecție, rămînînd legat la pămînt numai la anumiți stîlpi din panou, la ceilalți montîndu-se eclatoare. Izolarea conductorului de protecție conduce și la reducerea pierderilor care se produc în conductorul de protecție datorită punerii la pămînt pe întreaga linie.

Întreruperea continuității conductorului de protecție la stîlpii de întindere se realizează prin montarea pe acesta a unui izolator (fig. 6).

Astfel, după un control stabilind în mod exact panoul în care au lucrat dispozitivele de semnalizare, se va organiza verificarea izolației cu ștanga.

Cunoscînd exact faza la care s-a produs defectul, verificarea se va face la lanțurile de pe această fază. Avînd în vedere că într-un panou intră în medie circa 8—10 stîlpi, verificarea se rezumă la măsurarea a 8—10 lanțuri de izolatoare, ceea ce se poate face de ajuns de repede.

Se observă totodată că prin izolația defectă se scurg curenți care, de regulă, sînt mai mici decît cei care conduc la declanșarea protecției homopolare, putîndu-se astfel detecta defecte nepersistente care nu sînt anulate prin deconectarea liniei urmată de RAR.

În Întreprinderea regională de electricitate Bacău au fost echipate cu dispozitive de semnalizare a defectelor la stîlpi trei linii de 110 kV fără conductor de protecție, liniile 110 kV Iași, Bîrlad și Suceava.

Relee pentru determinarea zonelor de defect au fost montate la capătul liniei Bîrlad, în centrala Borzești și la capătul liniei Iași în stația Roman.

Concluzii

Ținînd seamă de faptul că aproape toate defectele la liniile de 110 kV sînt de izolație, eficacitatea metodei prezentate constă în scurtarea timpului de intervenție și micșorarea numărului de avarii datorite deteriorării izolației, deci reduceri mari de pagube pe economia națională, prin scurtarea timpului de nealimentare cu energie electrică a consumatorilor.

Față de modul cum se exploatează în prezent liniile de transport de energie electrică, metoda propusă are următoarele avantaje:

— Din chiar momentul declanșării avariei se știe zona în care a avut loc defectul.

— Delimitează zona de control la o lungime de linie de ordinul 10—15 km, dintr-o linie de circa 100 km.

— Se cunoaște de la bun început faza la care a avut loc defectul și deci atenția echipelor de control se concentrează numai asupra acesteia.

— La liniile fără conductor de protecție, indică precis stîlpul și lanțul de izolatoare conturnate și deci permite luarea imediat a măsurilor necesare.

— La liniile cu conductor de protecție, chiar dacă nu identifică precis stîlpul și lanțul defect, delimitează zona defectă la lungimile unui panou și limitează măsurătorile cu ștanga la izolatoarele unei faze a cîtorva stîlpi dintr-un singur panou.

— Permite studierea cauzelor și efectul conturnării lanțurilor asupra izolației prin cunoașterea precisă a acestor lanțuri și deci se pot face studii asupra acestora.

— Reduce timpul de control, în caz de avarii, cu circa 75%, deoarece în loc să se controleze întreaga linie, se controlează numai o porțiune din linie. Deci se reduce numărul de mașini și echipe.

— Permite întocmirea de statistici pe baza cărora să se întreprindă studii asupra zonelor care favorizează deteriorările izolației, zone cu indice keraunic mare, zone prielnice pentru depuneri de chiciură, ceață deasă etc.

— Echipele de control se vor întoarce cu rezultate precise de la controlul efectuat.

— Costul completării echipamentelor liniilor este minim în raport cu avantajele obținute.

recenzii

N. M. ZELIKSON și M. G. SPEER

Izolația termică a conductelor rețelelor de termoficare. Editura energetică de stat, Moscova, 1962.

Stabilirea normelor optime de proiectare și de construcție a izolației termice pentru conductele de termoficare, respectiv găsirea celor mai eficiente materiale termoizolante, determinarea dimensiunilor optime ale acesteia pe baza prețurilor de cost din energetică și la materiale, punerea la punct a unei metodologii științifice, bazată și pe experiența din producție în calcularea elementelor care influențează indicii tehnico-economici — acestea sînt problemele asupra cărora autorii cărții ,,Izolația termică a conductelor rețelelor de termoficare” au făcut un temeinic studiu publicat sub forma unei cărți de către Editura energetică de stat din U.R.S.S.

În această lucrare sînt sistematizate materialele unei experiențe de exploatare de mulți ani a rețelelor termice. Se analizează în amănunt cauzele care duc la deteriorarea izolației termice. Se dau metodele menite să micșoreze la maximum acele efecte dăunătoare ale coroziunii conductelor care sînt în directă legătură cu izolația termică.

Cartea are două părți :

Partea I. Materiale termoizolante și construcția izolației termice a conductelor.

Partea II. Calculul izolației termice.

În prima parte, în capitolele 1—4 se dau prețioase date din practica exploatării rețelelor termice cu amplasare subterană a unor conducte de diferite diametre (pînă la 1 200 mm), se face o analiză asupra proprietăților fizice pe care trebuie să le îndeplinească materialele termoizolante și construcțiile izolației termice, se dau date concrete asupra celor mai des întîlnite materiale care servesc la izolarea termică în energetică, precum și metodele de realizare practică a izolației termice.

Deși în aceste capitole se prezintă un bogat material cifric despre caracteristicile, dimensiunile acestora, dîndu-se chiar și unii indici de preț, nu sînt arătate mai pe larg materialele termoizolante care marchează însemnate progrese tehnice în acest domeniu. Se au în vedere materialele smoloase, respectiv ghilsuleitul și altele, care s-au dovedit atît în U.R.S.S. cît și în alte țări ca fiind deosebit de eficiente.

În a doua parte a lucrării, care de altfel este mult mai consistentă și conține date mai complete decît prima, se prezintă următoarele capitole : Bazele transmiterii căldurii în condițiile rețelelor termice ; Calculul izolației termice a conductelor și echipamentelor termoenergetice situate în încăperi și în aer liber ; Calculul izolației termice a conductelor amplasate subteran în canale nevizitabile ; Calculul izolației termice a conductelor amplasate subteran în cochile cilindrice fără strat de aer ; Calculul izolației de formă dreptunghiulară pentru conducte cu amplasarea aeriană, fără strat de aer ; Calculul termic în cazul amplasării a două conducte de ducere într-un canal nevizitabil și a conductei de întoarcere fără canal ; Calculul izolației termice a conductelor în ipoteza unei căderi date a temperaturii agentului termic.

Autorii au acordat atenția cuvenită calculului tehnico-economic și argumentării alegerii tipului de construcție a izolației termice pentru diferite tipuri de amplasare subterană a conductelor.

După cum se vede, această parte a cărții cuprinde acele probleme care se întîlnesc cel mai des în practica proiectării rețelelor termice. Merită de subliniat și faptul că partea a II-a prezintă nu numai mersul calculului cu enunțarea de formule, ci și numeroase exemple de calcul, menite să ușureze mult munca proiectantului în acest domeniu. Se dau chiar și soluții complexe sub formă de tabele în funcție de o serie de factori variabili, ca : diametrul conductei, tipul izolației termice, temperatura agentului termic (pierderea admisibilă de căldură pe unitate de lungime) etc. De aici rezultă valoarea practică a lucrării, care, fără îndoială, justifică o apreciere pozitivă.

Pentru practica proiectării și construcției rețelelor de termoficare de la noi, sînt valoroase și tabelele cu date calculate care dau prețul de cost al diferitelor componente ale rețelelor de termoficare pentru conducte cu diametrul cuprins între 100 și 700 mm. Comparînd aceste date cu cele obținute în practica noastră, se pot găsi acele sectoare unde mai există rezerve de reducere a prețului de cost al rețelelor de termoficare.

Destinată unui cerc larg de ingineri și tehnicieni din domeniul proiectării, construcției și exploatării rețelelor de termoficare, cartea ,,Izolația termică a conductelor rețelelor de termoficare“ prezintă interes deosebit întrucît tratează un important capitol din teoria și practica realizării și exploatării rețelelor de termoficare.

Candidat în științe tehnice ing. **Gh. Colț**

STIGANT, S. A.

Calculul matricial și tensorial în teoria rețelelor electrice. Mac Donald, Londra, 1964, 505 p.

Lucrarea, recent publicată, este destinată inginerilor care nu sînt familiarizați din școală cu calculul matricial și tensorial, și are un pronunțat aspect practic și aplicativ.

În prima parte, care ocupă un volum de circa 140 pagini, autorul tratează despre determinanți, matrice și tensori. Trebuie remarcat faptul că autorul dă atenție matricelor circulante, denumite de el rotaționale, și care prezintă un mare interes în teoria rețelelor electrice. De asemenea, se prezintă diferite metode exacte și aproximative de diagonalizare a matricelor de ordinul trei și șase. Modul de prezentare a tensorilor este sugestiv și adaptat structurii cognitive a unui inginer. Autorul citează următoarea definiție : ,,Tensorii sînt mărimi care satisfac anumite legi de transformare. Importanța lor rezidă în faptul că o anumită ecuație tensorială, care este valabilă pentru un anumit sistem de coordonate, rămîne valabilă pentru orice transformare a acestui sistem de coordonate”.

Partea a doua a cărții ocupă un volum de 240 pagini și conține aplicațiile calculului matricial la diferite probleme ale rețelei electrice, cum ar fi : componente simetrice, rețele electrice cu conductoare transpuse și netranspuse, cu sau fără conductoare de protecție etc., precum și aplicațiile calculului tensorial, în care scop autorul folosește calea de analiză introdusă de Kron. Foarte interesante sînt capitolele XIX și XX, care tratează despre impedanțele transformatoarelor cu mai multe înfășurări și despre metoda de scriere directă a matricelor impedanțelor sau admitanțelor pe baza grafului rețelei. Această ultimă problemă este cunoscută în literatura tehnică sub numele de regula lui Stigant.

Ultimele 220 pagini formează partea a treia a lucrării și conțin un număr de șapte anexe, care acoperă diferite probleme din teoria rețelelor electrice și care sînt tratate de autor fără a recurge la calculul matricial sau tensorial. Printre titlurile anexelor menționăm : determinarea coeficienților de potențial pentru calculul capacităților, diagrama generală a cercului pentru circuite de curent alternativ monofazate, diagrama cercului și calculul îmbunătățirii factorului de putere, diagrama cercului și reglajul tensiunii prin capacități serie, calculul tensiunilor pe fază în rețele de curent alternativ trifazat în condiții de defect. Un număr de patru planșe însoțesc textul și au ca scop să ilustreze modul practic de construcție și folosire a diagramelor circulare. Aceste anexe reprezintă, de fapt, o serie de articole publicate în ,,Beama Journal” sau prezentate de autor în rapoarte CIGRE și care au fost reproduse în carte pentru a ilustra tocmai modalitatea de trecere de la o analiză clasică la analiza modernă care folosește metode matriciale și tensoriale.

Ing. **A. Rothman**

DOCUMENTARE

Energetică generală

Olechowski, I. **Utilizarea generatoarelor tipizate pentru echiparea motoarelor eoliene.** Wiadom. Elektrotechn., **31** (1963), p. 38–41.

În R. P. Polonă se manifestă o preocupare permanentă, în ultimii zece ani, pentru utilizarea energiei eoliene. Astfel, se pune problema repunerii în funcţiune a unei serii de instalaţii eoliene abandonate în timpul războiului. Una dintre preocupările comisiei naţionale pentru utilizarea energiei eoliene este crearea unui agregat electroeolian de mică putere, propriu instalării în gospodării izolate, cabane alpine etc. Pentru acest agregat se preconizează adaptarea generatorului de curent continuu tip R6, produs curent de industria poloneză prin rebobinarea lui. Puterea generatorului este de 800 W, tensiunea de 12 V, turaţia de 1300 rot/min. Noul tip de generator R6 este în curs de experimentare.

d. bf.

Sykes, I. H. M. **Preocupări pe plan mondial în domeniul utilizării energiei maremotrice** Mach. Lloyd. Overseas Ed., (1963), nr. 7, p. 32–33.

În U.R.S.S. a început în 1963 construcţia centralei electrice maremotrice (CEM) experimentale de la Kislogubsk, pe peninsula Kolsk, cu o putere instalată de 1,2 MW. Se aplică o nouă metodă : centrala se execută pe uscat şi apoi se împlantează în mare, la locul stabilit. Scopul construcţiei acestei centrale este de a pregăti premisele pentru execuţia marii CEM de 320 MW din golful Lumbovsk şi a supercentralei de 1 400 MW din golful Mezensk. CEM Mezensk va depăşi cea mai mare CEM proiectată pînă în prezent în Franţa şi ai cărei parametri sînt :

– lungimea barajului 30,5 km
– suprafaţa lacului realizat 776 km^2
– producţia anuală de energie 25 Mld kWh

Centrala experimentală de la Kislogubsk va fi echipată cu trei grupuri, din care primul de fabricaţie franceză. Ea va debita energie în sistemul energetic local, în orele de vîrf.

Se descrie, de asemenea, CEM Rance (Franţa) pe şantierul căreia sînt în prezent angrenaţi peste 800 de muncitori.

Se subliniază că în următorii cinci ani mai multe CEM vor intra în funcţiune într-o serie de ţări, iar pînă în zece ani CEM vor ocupa un loc important în energetica mondială.

d. bf.

Baumann, H. **Utilizatea energiei solare.** Chemiker Ztg.— Chem. Apparat. **87** (1963), nr. 8, p. 267–270.

Anual, pe km^2 de latitudine sahariană, energia solară reprezintă 10^8 kWh. Savanţii francezi studiază, din 1956, la BOUSAREA (în sudul Republicii Algeriene), problemele legate de utilizarea energiei solare cu ajutorul instalaţiei hidroenergetice Heliodyn. Instalaţia este compusă dintr-un concentrator (reflector parabolic cu diametrul de 8,4 m, echipat cu 144 oglinzi de Al) şi un receptor cu un diametru de 6 cm. Randamentul instalaţiei este $\eta = 10\%$, puterea fluxului luminos 30 kW, temperatura în receptor $t^0_{rec} = 3000°C$. Instalaţia este prevăzută cu un dispozitiv automat de urmărire a soarelui. Razele obţinute se utilizează la cracarea hidrocarburilor, la topirea metalelor necesitînd un grad înalt de puritate, la producerea îngrăşămintelor azotoase din O_2 şi N_2 din aer.

Se studiază utilizarea instalaţiilor solare pentru transformarea pe cale fotoelectrică ($\eta < 15\%$), termoelectrică şi termoelectronică a energiei termice în energie electrică. Se fac, de asemenea, experienţe de transformare chimică a substanţelor sub acţiunea luminii şi a căldurii.

d. bf.

Hidroenergetică

Melzer, H. **Sete Quedas unul, din cele mai mari proiecte hidroelectrice.** Elektrizitätsverwertung **38** (1963), nr. 12, p. 322—323.

În Brazilia se studiază amenajarea hidroelectrică de pe Rio Paraná, la 60 km în aval de cunoscuta cascadă „Sete Quedas", la graniţa dintre Brazilia şi Paraguay. Bazinul de recepţie al fluviului în acest punct este de 800 000 km^2, debitul instalat propus fiind de 75 000 m^3/s. Barajul combinat, cu deversor şi vane, va fi prevăzut cu o priză reglabilă spre canalul de aducţiune, paralel cu fluviul.

La capătul canalului, o conductă sub presiune cu un diametru de 12 m va aduce apa la cele 21 grupuri dispuse în trei caverne (19×500 MW+2 × 250 MW). Puterea instalată totală va fi deci de 10 000 MW, cu o producţie anuală de 67 TWh, adică de trei ori consumul total actual al Braziliei. Turbinele sînt proiectate pentru 680 000 CP, la 81,8 rot/min. Puterea va fi evacuată prin linii de 500 kV.

Pentru navigaţie sînt prevăzute şapte ecluze pentru o diferenţă de nivel de cîte 17,6 m, pentru învingerea diferenţei totale de 123 m.

a.m.

Stutz, R. **Uzina hidroelectrică Simmenfluh.** Wasser und Energiewirtschaft, nr. 12, 1963.

La 23 septembrie 1963 s-a dat în exploatare uzina hidroelectrică Simmenfluh, pe rîul Simme din Elveţia, cu următoarele caracteristici :

— căderea brută	54,8 m
— cădere netă	46,8 m
— debit instalat	22 m^3/s
— puterea nominală a turbinei	12 400 CP
— puterea nominală aparentă a generatorului	11 250 kVA
— turaţia grupului	428 rot/min
— producţia de energie în anul mediu	50,1 GWh
— producţia de energie de iarnă, în anul mediu	16,5 GWh
— durata de utilizare	4 000 ore/an
— durata execuţiei	2 1/2 ani.

Barajul de tip stăvilar, prevăzut cu trei stavile segment de 3,15 × 9,50 m, este dimensionat pentru evacuarea unui debit de 400 m^3/s.

Galeria de aducţiune, în lungime de 5 760 m, are o secţiune circulară cu un diametru interior de 3,40 m şi este cămăşuită cu beton în grosime de 25 cm.

Conducta forţată, excavată în rocă, are diametrul de 3,0 m şi o lungime de 50 m, fiind prevăzută cu o vană fluture, montată pe flanşa camerei spirale metalice a turbinei.

Centrala este formată din două caverne, din care una este prevăzută pentru instalarea grupului Kaplan ($L = 22{,}50$; $B = 12{,}40$; $H = 25{,}0$ m), iar cea de-a doua pentru staţia de conexiune de 16 kV şi serviciile auxiliare ($L = 21{,}15$; $B = 13{,}10$; $H = 15{,}0$ m).

m.p.

Ter-Ohanezian, A. M. **Resursele hidroenergetice ale R.S.S. Armene şi utilizarea lor complexă.** Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 3, 1964, p. 3—5

Din întreaga suprafaţă a R.S.S. Armene, 90% se găseşte la o altitudine mai mare de 1 000 mdM, altitudinea medie a ţării fiind de 1 800 mdM. În ţară există 215 rîuri mai lungi de 10 km. Din teritoriul ţării, 73,5% revine bazinului rîului Arax, iar 26,5% rîului Kura.

Precipitațiile ating 1 000 mm/an în zonele muntoase, dar în regiunile de cîmpie scad la 200 mm/an, ceea ce impune dezvoltarea irigațiilor.

Resursele hidroenergetice ale Armeniei, care se pretează a fi amenajate, se evaluează la 5 miliarde kWh. Pînă în ultimii ani energetica țării s-a bazat pe energia produsă de UHE, și în special de cascada de UHE Sevan. În prezent, o dată cu construcția de UHE se dezvoltă intens construcția de centrale termoelectrice care utilizează gaze naturale din R.S.S. Azerbaidjan sau produse petroliere. Astfel, la CET Erevan s-au dat în exploatare pînă acum trei agregate de cîte 50 MW.

Cascada de UHE Sevan utilizează rezervele de apă ale lacului Sevan (suprafața sa 1 416 km²). Cele șase UHE ale cascadei sînt de tipul cu derivație, totalizînd o putere instalată de 550 MW. Față de prevederile inițiale de a consuma din lac un volum anual de apă de 1 200 milioane m³, în exploatare s-a ajuns la 1 400—1 750 mil. m³, ceea ce a condus la coborîrea nivelului lacului cu 16 m. Începînd cu 1965 se vor preleva din lac numai circa 500 milioane m³/an, din care 380 pentru irigații și 120 milioane m³ apă pentru energetică. Aceasta nu va conduce însă la stabilizarea nivelului în lac, consumul din lac trebuind limitat pentru aceasta la 170 mil. m³. În acest scop se prevede derivarea a 270 mil. m³/an din rîul Arpa în lacul Sevan. În acest scop au și început lucrările la barajul de anrocamente și galeria de 48 km necesare a fi realizate în acest scop și care vor fi terminate în 1970.

Pe rîul Vorotan se prevede construirea unei cascade de trei UHE care vor totaliza 405 MW și 1 150 GWh/an. În prezent este în construcție UHE Tatevskaia (157 MW, 670 GWh/an). Lacurile de acumulare ale acestor uzine vor fi utilizate pentru irigații și energetică.

Pe rîul Debed se vor construi patru UHE cu o putere totală de 370 MW și o producție anuală de 1 150 GWh/an, care vor dispune de lacuri de acumulare importante pentru regularizarea debitelor.

a.c.

Kraus, A. **Construcția UHE Orlik în R. S. Cehoslovacă.** Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 3, 1964, p. 11 — 18.

În 1963, din producția de energie electrică de 29,9 TWh a R.S.C., circa 10% a revenit UHE. Din potențialul hidroenergetic al țării, de circa 12 TWh/an, în prezent este utilizat circa 25%

Cursurile de apă cu potențialul cel mai ridicat sînt utilizate astfel:

Cursul de apă	Debitul mediu, m³/s	Gradul de amenajare în 1963			
		Numărul UHE	Puterea instalată, MW	Producția, GWh/an	Gradul de utilizare al potențialului, %
Vltava	153	10	758	1 150	76
Vag	155	16	530	1 880	67
Dunărea	2 307	—	—	—	—

Pe rîul Vltava sînt în prezent în funcțiune șapte UHE cu puterea instalată de 758 MW și producția de 1 150 G Wh/an. Lacurile de acumulare totalizează un volum de 1,3 miliarde m³.

Cele mai importante amenajări pe acest rîu sînt UHE Lipno, Slapy și Orlik.

UHE Orlik este situată la 87 km sud de Praga. Barajul de beton are înălțimea de 91 m, lungimea de 450 m și realizează un lac de acumulare cu lungimea de 68 km, suprafața de 26 km² și volumul de 750 milioane m³.

Puterea centralei este de 360 MW, iar producția de energie electrică de 400 GWh/an. Turbinele, de tip Kaplan, au următoarele caracteristici: debitul 150 m³/s, căderea 71,5 m, diametrul 4,6 m.

În articol se dau o serie de date în legătură cu construcția și montajul acestei UHE.

a.c.

Termoenergetică

Sergheeva, N. D. ș.a. **Coeficienții de murdărire și folosire a suprafețelor convective ale cazanelor în care se arde păcură, cu procent ridicat de sulf și curățate cu alice.** Teploenerghetika nr. 10, 1963, p. 38—41.

Se prezintă rezultatele unor încercări termice pentru determinarea coeficienților de murdărire și de folosire, și anume:

Deși cantitatea de cenușă este neînsemnată, murdărirea suprafețelor are loc foarte intens: depășirea procentului $A = 0{,}1$:0,15% antrenează o bruscă intensificare a procesului de depunere. Punctele de topire a diverșilor constituenți ai cenușii sînt cuprinși între valorile 510°C și 884°C.

Aditivii lichizi nu schimbă practic coeficienții de depuneri și de folosire. La folosirea magnezitei, coeficientul de depuneri se dublează, ceea ce se explică prin creșterea substanțelor minerale introduse chiar de magnezită.

În concluzie, pentru evitarea înfundărilor, chiar la folosirea alicelor și aditivilor experimentați, temperatura aerului la intrare ar trebui să nu scadă sub 85—90°C. Ridicînd temperatura aerului pînă la 95—100°C, curățarea cu alice este eficace chiar și fără aditivi (la păcuri cu $A \geqslant 0{,}15\%$).

La folosirea magnezitei, rezistența traseului de gaze crește cu circa 30% în treptele superioare de economizor și preîncălzitor de aer și cu circa 20% în treapta inferioară de economizor.

c.d.

Zîkov, S. A. și Mocian, S. I. **Perspective de folosire a blocurilor cu condensație pentru acoperirea vîrfurilor de sarcină și crearea unei rezerve de avarie în sistemele energetice.** Teploenerghetika nr. 12, 1963, p. 14—20.

Se examinează posibilitatea obținerii de putere suplimentară peste cea nominală a blocurilor, în scopul acoperirii vîrfurilor de sarcină și al creării unei rezerve de avarie.

Scăzînd entalpia apei de alimentare (prin reducerea debitului de abur la preîncălzitorul de înaltă presiune) și menținînd producția cazanului, se poate obține cu investiții reduse o putere suplimentară, evident mai puțin economică, dar prețioasă în situații anormale.

Concluziile examinării sînt:

1. La o scădere admisibilă a entalpiei apei de alimentare, sporul de putere poate atinge 10—17% din puterea nominală a blocului; sporul cel mai mare se obține la suprimarea prizelor cu cea mai ridicată presiune, egală sau superioară celei a supraîncălzirii intermediare.

2. Investițiile necesare pentru obținerea puterii suplimentare se apreciază la 10 ruble/kW (față de 75 ruble/kW cît costa o CTE de bază cu blocuri de 200 MW la 130 ata și 565/565°C).

Această soluție, aplicată la blocuri cu condensație de presiune supracritică, antrenează o economie însemnată a cheltuielilor anuale de calcul, în comparație cu o serie de alte soluții pentru acoperirea vîrfurilor de putere.

3. La blocul de 300 MW, 240 ata, 580/565 °C, puterea maximă va putea fi ridicată pînă la 370 MW, fără să fie nevoie să se întărească elementele cilindrului de joasă presiune.

c.d.

Șarkov, A. T. **Problema scurgerii cărbunilor umezi prin instalațiile de alimentare.** Teploenerghetika nr. 12, 1963, p. 57—58.

Se dau rezultatele unor cercetări experimentale asupra fenomenului de aderare a cărbunilor umezi de pereții canalelor și buncărelor, și anume:

Încălzirea pereților cu care vine în contact combustibilul umed este rațională la instalațiile la care combustibilul vine în contact cu peretele scurtă vreme. Încălzirea poate fi cu abur sau electrică, temperatura de încălzire a peretelui trebuie să fie de minimum 130—140 °C. Scăderea temperaturii sub această valoare antrenează imediat riscul de aderare.

Încălzirea pereților buncărelor nu este rațională, deși, în cazul cărbunilor de tipul antracit, o încălzire pînă la 100°C are o oarecare eficacitate. În cazul turbei și în general al cărbunilor a căror cenușă conține multă argilă, încălzirea pereților buncărelor nu dă rezultatele așteptate.

c.d.

* * * **Conferința energetică americană — I. Grupul de 1000 MW.** Combustion 35 (1963), nr. 11, p. 31—38.

Puterea grupului de 1 000 MW a fost determinată pe baza consumurilor de perspectivă. Grupul urmînd a livra energie în vara anului 1966, punerea în funcțiune s-a prevăzut pentru primăvara acelui an. Pentru a face posibilă o punere în funcțiune sigură pentru vîrful de vară al anului 1966, s-a hotărît instalarea noii unități într-o centrală în care sînt în montaj două unități de 400 MW; aici condițiile de fundare sînt bine cunoscute, stînca fiind practic la suprafața terenului.

Inițial, noul grup a fost prevăzut să consume cărbune. Deoarece aceasta ar fi însemnat adîncirea unui canal existent pentru aducerea cărbunelui cu șlepuri, s-a hotărît pornirea unității pe păcură, prin care, probabil, grupul va putea fi pus în funcțiune pentru vîrful din vara anului 1965, adică cu un an mai devreme.

Puterea unitară de 1 000 MW nu a apărut ca exagerată, știind că au fost comandate anterior unități de 500 650 și 900 MW. În centrala unde urmează a se instala noua unitate, grupuri de 400 MW ar fi condus la o investiție specifică de 200 $/kW instalat. Grupul de 1 000 MW aduce economii de 30%, adică investiția specifică este de numai 140 $/kW instalat.

Din punctul de vedere al exploatării, grupul de 1 000 MW reprezintă circa 14% din puterea instalată a sistemului în care lucrează, însă acest sistem este interconectat cu alte sisteme puternice.

Ieșirea lui din funcțiune ar aduce perturbări mai puține ca aceea a grupului de 400 MW la punerea lui în funcțiune în 1958. De altfel, cemtrala este prevăzută a lucra în paralel cu o centrală de vîrf cu acumulare și pompare.

Parametrii de bază ai grupului turbogenerator sînt 168 at, 538/538°C, presiunea la condensator fiind de 0,0334 ata. Grupul este conceput pe doi arbori, cu turațiile de 3600 și 1 800 rot/min.

Arborele de înaltă presiune are o turbină cu dublu flux de înaltă și medie presiune, antrenînd un generator de 3 600 rot/min. Două pompe de alimentare pentru jumătate din debitul cazanului sînt antrenate prin cuplaje hidraulice la fiecare capăt al arborelui de 3 600 rot/min.

Arborele de joasă presiune are trei turbine de joasă presiune cu dublu flux, paletele finale avînd o lungime de 1015 mm. Două condensatoare longitudinale sînt instalate sub cele trei turbine de joasă presiune.

Sistemul de admisie a aburului în corpul de înaltă presiune este extrem de compact. Nu se utilizează o cutie de ajutaje pentru admisie parțială, ci se aplică admisia pe toată circumferința, cu un singur ventil de reglaj. Astfel, diametrele corpurilor de înaltă presiune nu sînt mai mari ca cele ale grupurilor de 380 MW, cu mai multe ventile de reglaj.

a.m.

* * * **Conferința energetică americană — II. Grupul de 900 MW.** Combustion 35 (1963), nr. 12, p. 46—49.

Primul bloc de 900 MW din lume va fi instalat în centrala Bull Run a sistemului energetic TVA (Tennessee Valley Authority). Construcția blocului a început în aprilie 1962 și unitatea este prevăzută să intre în funcțiune în octombrie 1965. S-a prevăzut spațiul necesar pentru încă trei unități identice sau mai mari. Sistemul energetic TVA va avea, la intrarea în funcțiune a primei unități de 900 MW, o putere instalată de 16 000 MW.

Examinîndu-se tehnic și economic diverse combinații de parametri pentru unități foarte mari, s-a stabilit presiunea de 246 at și temperaturile de 538/538°C. Debitul cazanului va fi de 2 900 t/h. Este cel mai mare cazan cu presiune supracritică din lume.

Ca tip constructiv, cazanul poate fi denumit cu circulație combinată, reprezentînd o combinare a sistemului de străbatere forțată cu sistemul de circulație forțată, în timpul pornirilor și a sarcinilor parțiale.

Turbina este concepută ca o unitate pe doi arbori de 3 600, respectiv 1 800 rot/min. Turbina de joasă presiune constă din două secții identice, cu dublu flux. Paletele finale au lungimea de 1090 mm.

Caracteristicile generale speciale ale proiectului noii centrale vor fi:

1. cameră de comandă mecanică și electrică combinată;
2. automatizare prin calculator, suprapusă peste comenzile convenționale;
3. folosirea de alimentatoare volumetrice de cărbune și eliminarea cîntarelor din sala cazanelor;
4. folosirea de viteze mari ale apei de alimentare, pînă la 6,7 m/s.
5. pompe de circulație înecate pentru cazan;
6. cazane auxiliare pentru pornire; se elimină pompele de pornire;
7. țevi din oțel-carbon pentru preîncălzitoare;
8. cota zero a sălii cazanelor la nivelul solului; se renunță la subsol;
9. pereți neizolați ai centralei; pereții laterali ai sălii cazanelor metalici;
10. dispozitiv de descărcare rapidă a vagoanelor de cale ferată; 72 vagoane de cîte 100 t, formînd o garnitură, pot fi descărcate în 1—2 ore;
11. coș de beton, cu tub interior de beton independent, înalt de 244 m;
12. reținera cenușii zburătoare în filtre electrostatice cu un grad de reținere de 99%;
13. folosirea de condensatoare laterale, cu reducerea pierderilor de ieșire, ceea ce duce la o îmbunătățire a consumului specific evaluată la 0,5%.

a.m.

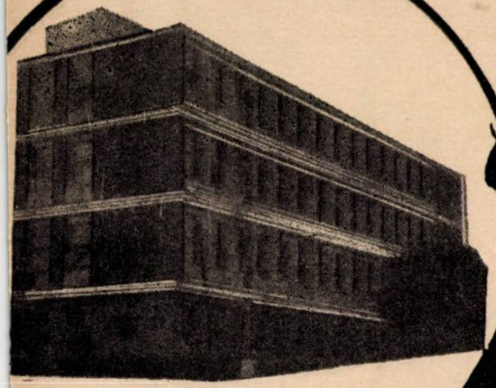
ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția: București, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administrația: „IPROMIN" București, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN" — Publicațiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala București. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „INFORMAȚIA", București — c. 2093.

Taxele poștale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

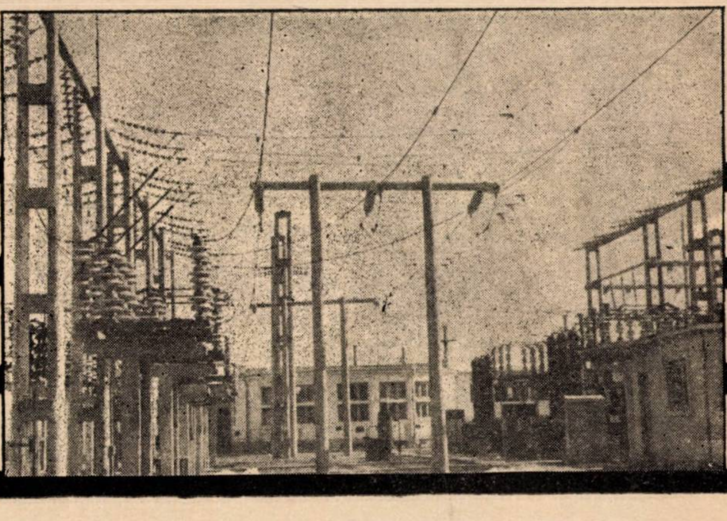
41 401

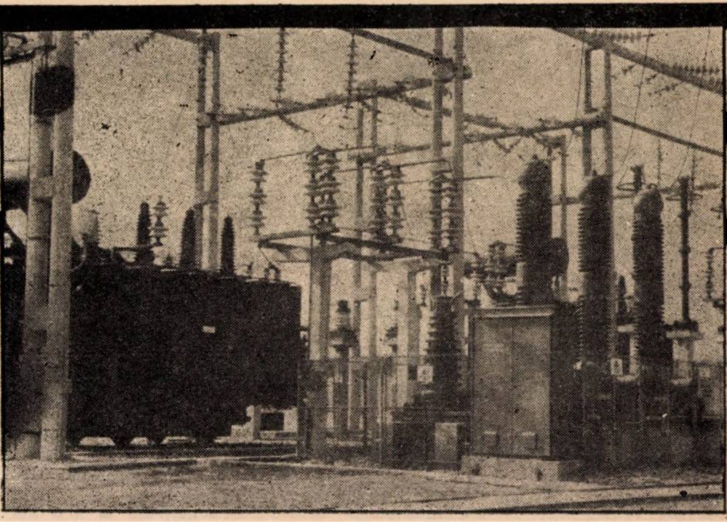
Intreprinderea regională de electricitate
PITEȘTI Argeș



Sediul I.R.E. Argeș

- DISPUNE DE INSTALAȚII MODERNE CU ÎNALT GRAD DE AUTOMATIZARE
- ASIGURĂ O BUNĂ SERVIRE A CONSUMATORILOR
- EXECUTĂ REȚELE ȘI POSTURI DE MEDIE TENSIUNE, BRANȘAMENTE ȘI INSTALAȚII INTERIOARE



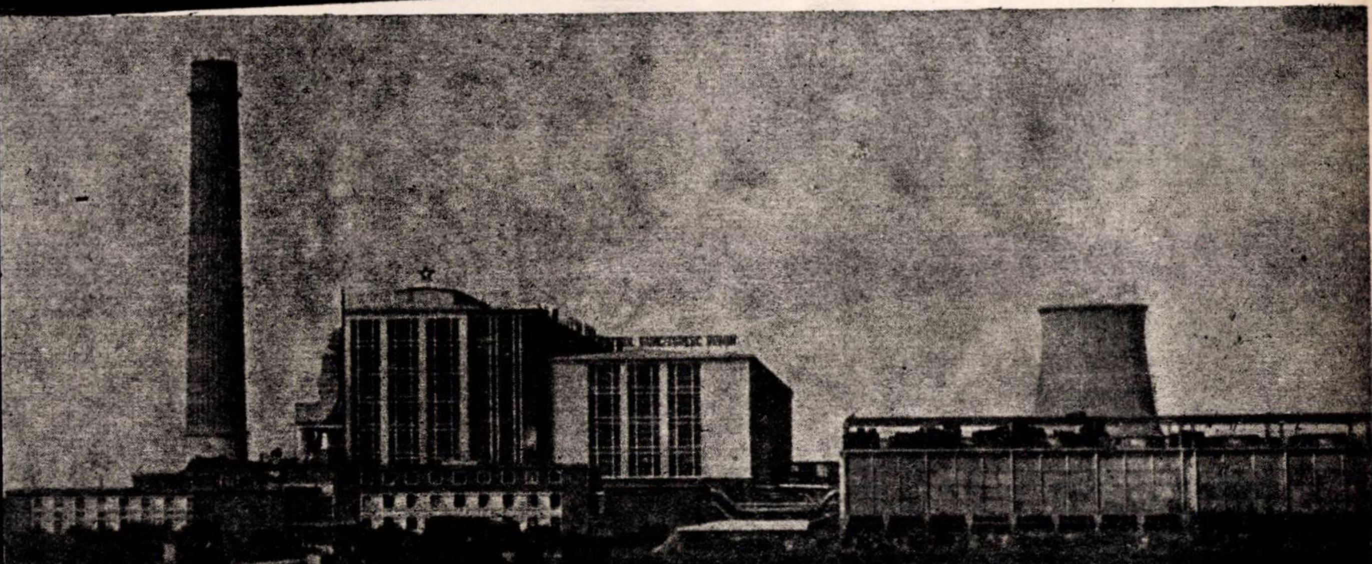


BULEVARDUL REPUBLICII NR. 146 • TEL. 2900

IRE HUNEDOARA
DEVA

stația de transformare
exterioară de 110/35/6 kV
PEȘTIȘ

INTREPRINDEREA CENTRALĂ TERMOELECTRICĂ BRAZI



Întreprindere producătoare de

energie electrică şi termică,

înzestrată cu echipamente

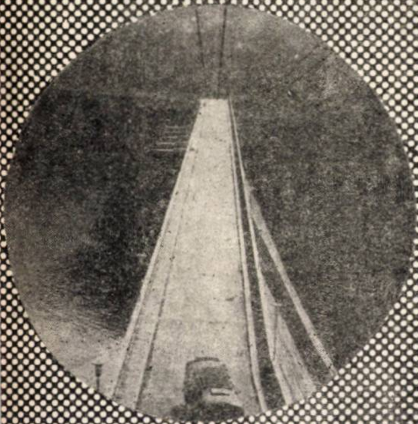
şi instalaţii moderne

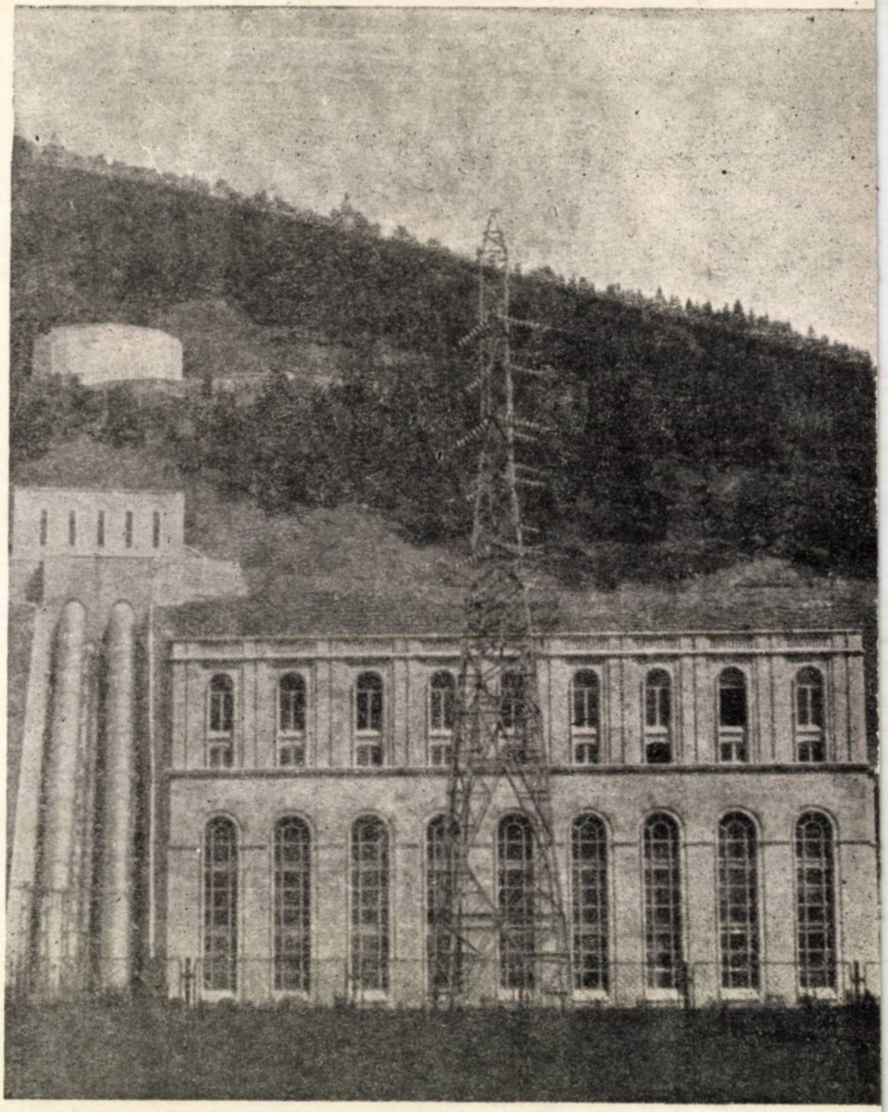
ICH

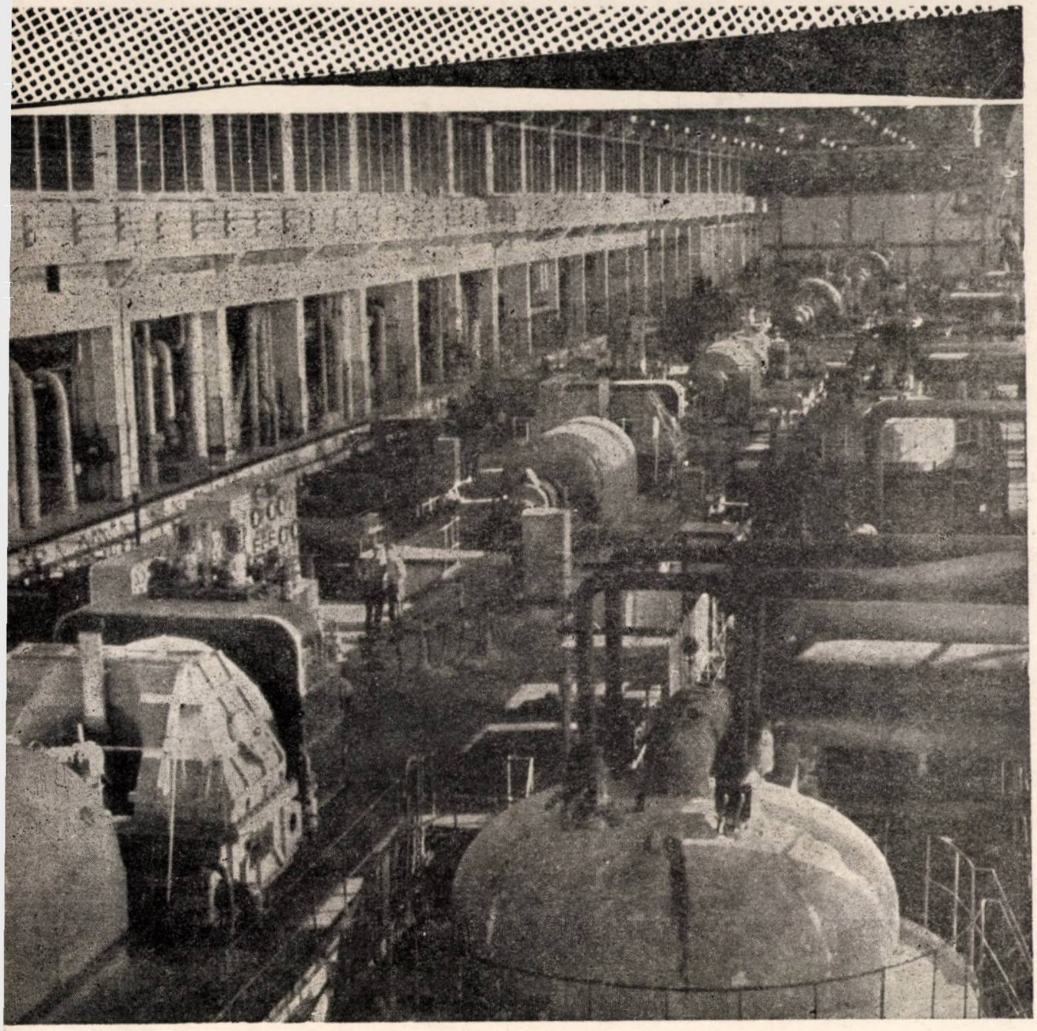
MINISTERUL MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

ÎNTREPRINDEREA DE CONSTRUCȚII
HIDROENERGETICE

BUCUREȘTI ◆ STR. SNAGOV NR. 21–23 ◆ TEL. 11.33.10







EXECUTĂ

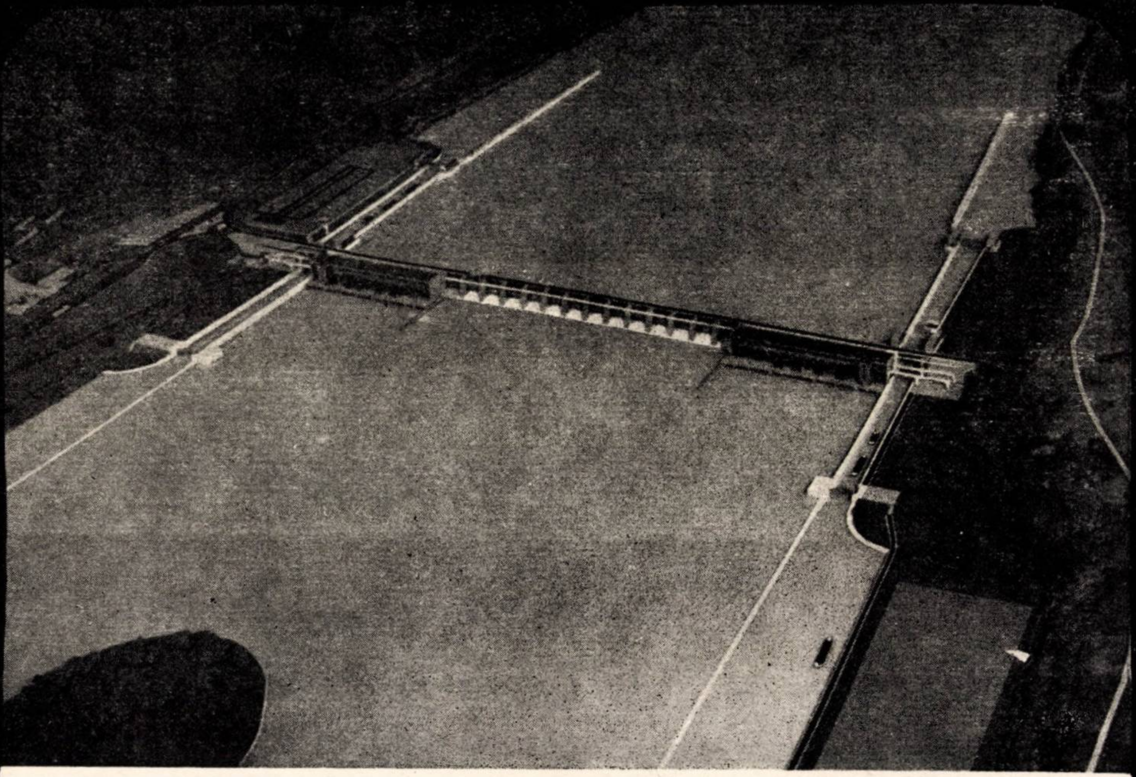
LUCRĂRI DE

MONTAJ

- CENTRALE ELECTRICE
- CENTRALE HIDROELECTRICE
- COMPENSATOARE SINCRONE
- INSTALAŢII ELECTRICE
- INSTALAŢII DE MĂSURĂ

IMCE

BUCUREŞTI
Calea Dorobanţilor
nr. 105
Raionul
30 Decembrie
Telefon 11.14.10



ÎNTREPRINDEREA PENRTU PROMOVAREA COMERȚULUI EXTERIOR

INTEREXPORT

BELGRAD, KOLARCEVA 8—10 • TELEFON: 632-222 • TELEX 01-173

Reprezintă întreprinderile iugoslave şi se ocupă cu toate operaţiunile economice în legătură cu promovarea schimburilor de mărfuri dintre R.P. Romînă şi R.S.F. Iugoslavia.

Biroul permanent se află în pavilionul Expoziţiei Industriale iugoslave în Bucureşti.

După închiderea expoziţiei, întreprinderea INTEREXPORT îşi continuă activitatea la sediul Ambasadei R.S.F. Iugoslavia la Bucureşti, Calea Dorobanţilor 33, telefon: 117—667.

Dă toate informaţiile necesare şi încheie contracte în numele întreprinderilor pe care le reprezintă.

Tranzacţiile pentru schimb de mărfuri între R.P. Romînă şi R.S.F. Iugoslavia în legătură cu construirea hidrocentralei de la Porţile de Fier se desfăşară prin INTEREXPORT.

Folosiţi reţeaua largă a întreprinderii „INTEREXPORT“

„INTEREXPORT“ AȘTEAPTA VIZITA DUMNEAVOASTRĂ LA EXPOZIȚIA INDUSTRIALĂ IUGOSLAVĂ LA BUCURESTI

DESCHISĂ ÎN SALA SPORTURILOR FLOREASCA

UZINA „24 Ianuarie" – PLOIEȘTI

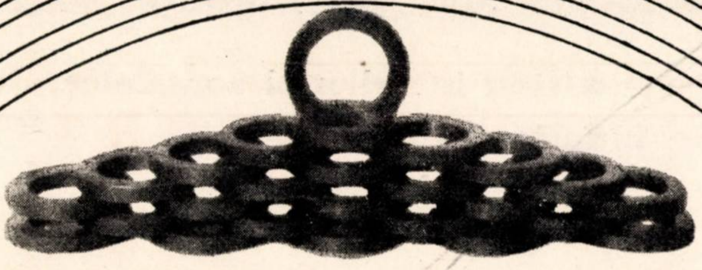
TURLĂ METALICĂ

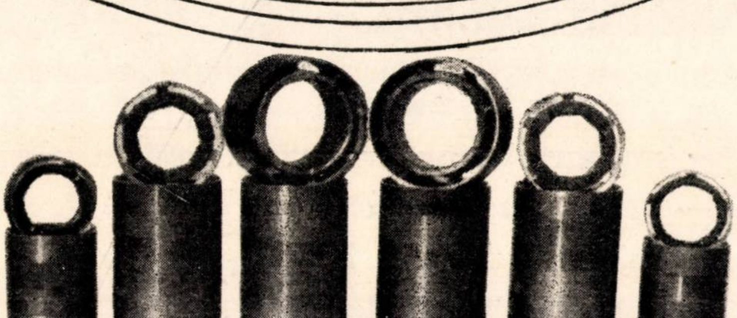
PRODUCE:

- turle de producție din țeavă cu sarcina la cîrlig 60 și 100 t
- stîlp de intervenție 20 t
- subansamble pentru instalații de foraj 2 DH-75, 4 LD, 3 DH, 4 DH, T 50, E 75
- habe tip petrol

turle metelice 100 t din profile laminate sudate, sarcină la cîrlig 100 t, înălțime 30,6 m

- barăci metalice demontabile din panouri
- armături-pivot pentru turbina secțională de foraj de 5″, 6.5 8″, 8″, 9″ și 10
- lagăre mijlocii și inele distanțiere pentru turbinele secționale de foraj de 5″, 6.5 8″, 8″, 9″ și 10″


INELE DISTANȚIERE


ARMĂTURI PIVOT

M. I. P. C.

FABRICA DE PIGMENȚI

„METALOCHIMICA"

PLOIEȘTI

Str. Metalochimica nr. 1 ● tel. 4100 — 4101 — 3353

produce:

1. ALBOXID (oxid de zinc tehnic) sub formă de pulbere foarte fină de culoare albă, folosit în:

- **industria lacurilor și vopselelor;**
- **industria cauciucului;**
- **cosmetică și farmacie.**

Folosiți pigmentul cu putere mare de acoperire ALBOXID, ambalat în cutii de carton de 1 000 g și 250 g.

2. ULTRAMARIN pentru:

- **vopsele în uleiuri;**
- **culoare complementară pentru alb;**
- **fabricarea zahărului;**
- **soluțiile de var în gospodărie;**
- **construcțiile industriale.**

Folosiți pigmentul cu putere mare de colorare, ambalat în cutii de 1 000 g, 200 g și 50 g.

MASE PLASTICE
BUCURESTI

PRODUCE:

ranule PVC omogene, opace,
e diverse culori şi forme

ri izolante electrice, separatoare pentru acumulatoare,
i separatoare pentru ambalaje de fructe din foi PVC
perforate şi rezistente la coroziune şi uzură

ranule PVC omogene, opace
e dimensiuni 1—3 mm

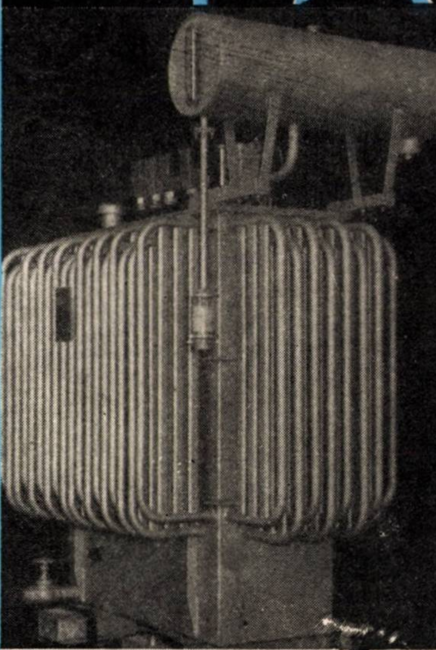
FABRICA DE MASE PLASTICE „BUCUREŞTI" — R.P.R.
STR. ZIDURI MOŞI Nr. 23 ● BUCUREŞTI 13

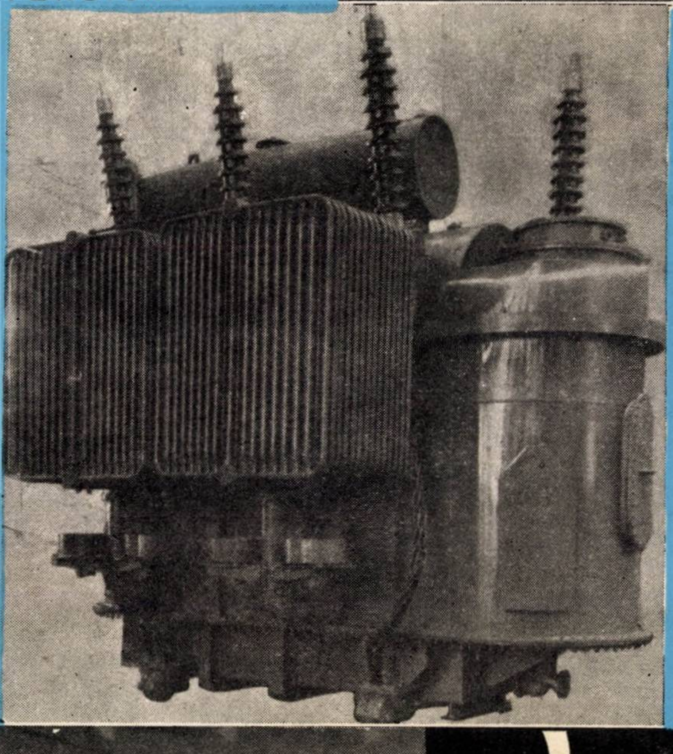
UZINELE
ELECTRO EP PUTERE

Produc

PENTRU STAŢIILE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

- TRANSFORMATOARE DE PUTERE
  100 — 1600 kVA
  — şi unităţi mari pînă la 40 MVA
- APARATE DE COMUTARE, PROTECŢIE ŞI MĂSURĂ
  pînă la 110 kV



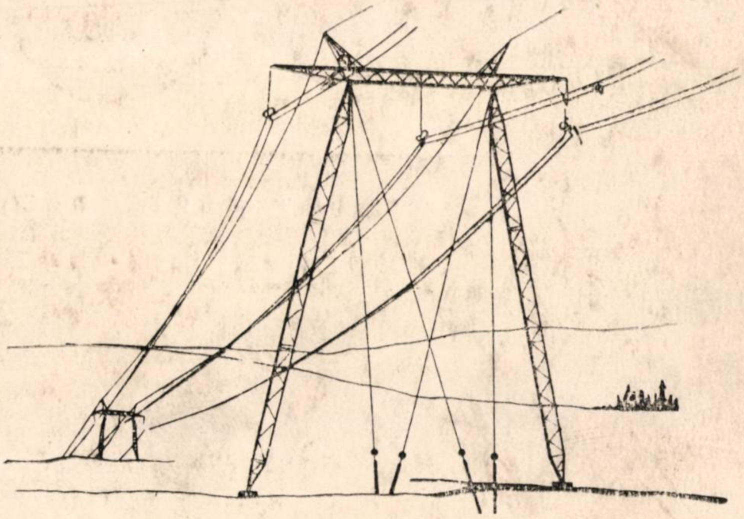


E2039

R

ENERGETICA

REFERÁLVA

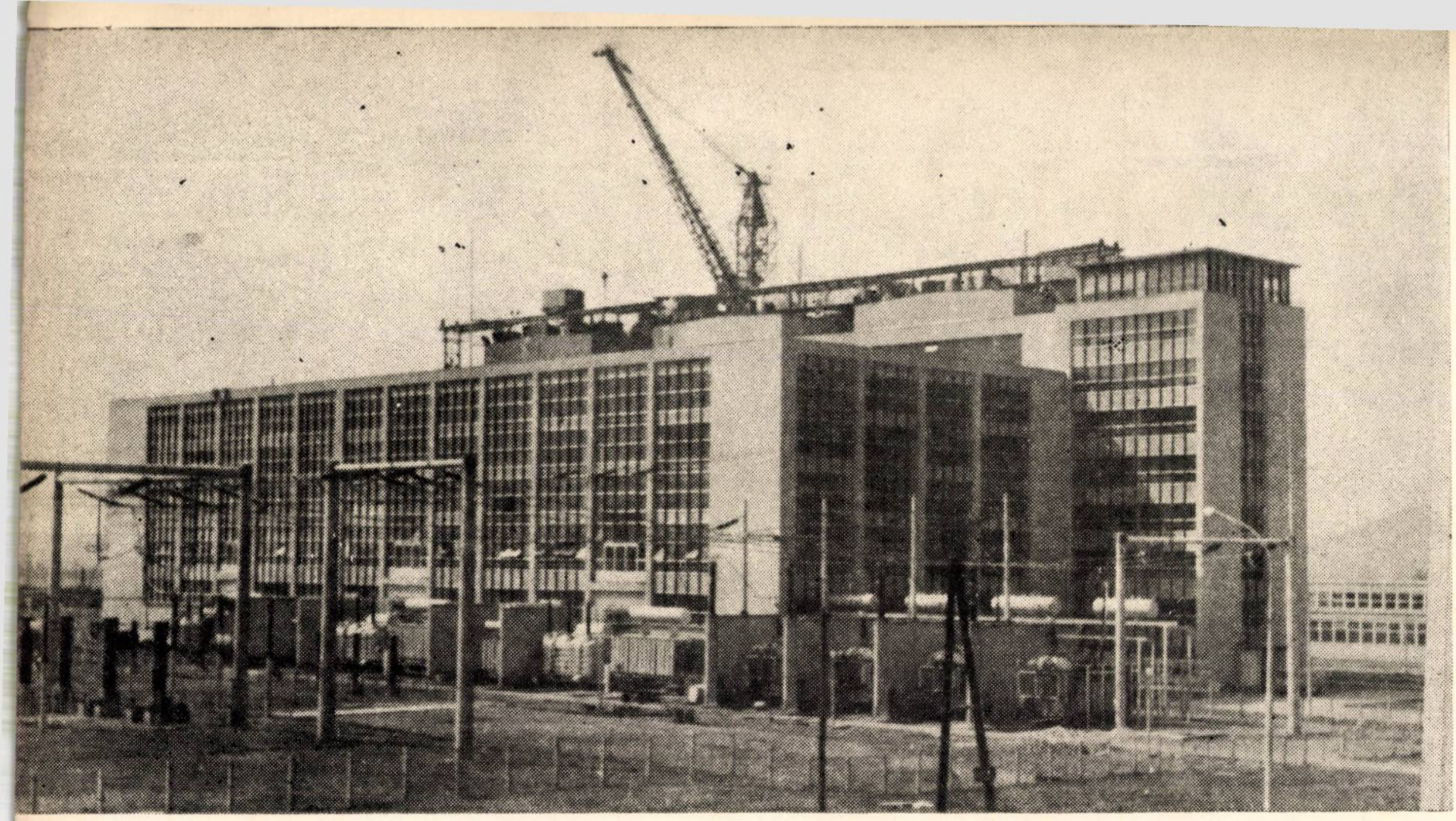


VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 8 ★ ENERGETICA

8

BUCUREȘTI ★ AUGUST ★ 1964

XI



T C M E

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unităţile sale de construcţii şi montaj:

- Centrale termoelectrice şi de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Staţii electrice şi posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuţie.
- Electrificări rurale

Produce prin unităţile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionaţi.
- Celule şi panouri pentru centrale şi staţii electrice.
- Posturi de transformare urbane şi rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, staţii, posturi de transformare şi linii electrice de transport şi distribuţie.

BUCURESTI, CALEA MOŞILOR 158 — TELEFON 16.63.30

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL
CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 8 AUGUST 1964

…ZAKI KÖNYVTÁR ÉS …CIÓS KÖZPONT 1883

Cuprins

Gheorghiu, N. **Măreţe realizări întîmpină a XX-a aniversare a eliberării patriei** 349—351

Georgescu, A : **Electrificarea ţării după 20 de ani de regim democrat-popular. Realizări şi perspective** 352—360

Groza, O. şi *Cogălniceanu, A.*: **Dezvoltarea hidroenergeticii** 361—372

Nilu, V. **Progrese realizate în proiectarea şi execuţia centralelor termoelectrice** 373—380

Kraft, M. şi *Moţoiu, C*: **Centrala termoelectrică Luduş** 381—392

Burducea, C. şi *Curelaru, Al.* **Centrala electrică de termoficare Craiova** 392—400

Stăncescu, I. D. : **Dezvoltarea termoficării** 401—410

Constantinescu, E. : **Dezvoltarea instalaţiilor de transport şi distribuţie a energiei electrice** 411—418

Popovici, T. : **Progrese tehnice în sectorul de exploatare a energiei electrice** 419—424

Mihăileanu, C. : **Cercetări în cadrul sectorului energetic** 425—434

Gilbert, A. şi *Rusmănică, I.*: **Construcţia lucrărilor hidroenergetice** 435—445

Vicol, P. : **Din realizările sectorului de construcţii şi montaje energetice** 445—451

Marcu, B. : **Gospodărirea judicioasă a combustibililor şi energiei electrice** 452—456

COMITETUL
DE
REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

СОДЕРЖАНИЕ

Gheorghiu N.: Величественные достижения ко встрече XX годовщины освобождения родины

Идея электрификации страны была заложена на Национальной Конференции Коммунистической Партии Румынии в октябре 1945 года в условиях борьбы для ликвидации хозяйственной разрухи. Это решение стало путеводящей нитью широкой деятельности, развернутой в дальнейшем партией для развития народного хозяйства нашей страны.

26 октября 1950 года Центральный Комитет РНР утвердил план электрификации страны на период 1951—1960 гг., являющийся неот'емлимой частью первых двух пятилетних планов РНР и непосредственно связанный с программой партии.

Задачи намеченные планом электрификации были осуществлены и перевыполнены. Так например, установленная мощность электростанций увеличилась примерно в 2,5 раз, создав возможность удовлетворения непрерывно возрастающих потребностей в электроэнергии. В результате строительства новых теплоэлектрических станций мощностью до 150 Мвт, с агрегатами мощностью от 12 до 50 Мвт каждый, достигнута концентрация производства электроэнергии, благодаря чему получены весьма существенные экономические результаты. Был сооружен ряд крупных тепляоэлектростанций: Парошень, Стеауа Роше-Фынтынеле, Борзешть, Дойчешть, считающиеся основными станциями национальной энергетической системы.

Следует отметить, что весьма важным экономическим вкладом явилось внедрение и развитие теплофикации, со всеми вытекающими отсюда преимуществами, благодаря которой, помимо быстрого роста потребления энергии и примерно 30-процентной экономии топлива, по отношению к тем его количествам, которые пришлось бы израсходовать при раздельном производстве электрической и тепловой энергии, удалось создать одновременно новейшую техническую базу снабжения теплом индустрии, городов и новых промышленных центров. При этом, в качестве примеров концепции и новейшей техники приводятся теплофикационные комплексы в Борзешть, Бразь и городе Бухаресте.

Одним из основных достижений плана электрификации является гидроэлектрическая станция им. В. И. Ленина в Биказе, являющаяся в связи с ее характеристиками одним из наиболее крупных гидроэлектрических узлов в Европе.

Ш-ий Съезд Румынской Рабочей Партии отметил вступление нашей страны в новый этап развития — этап завершения социалистического строительства. Шестилетний план (1960—1965) развития народного хозяйства и намеченная перспективная программа предусматривают интенсификацию индустриализации страны и главным образом рост производства электроэнергии в целях внедрения передовой техники и перехода к механизации и автоматизации ряда производственных процессов для развития всего народного хозяйства.

Директивы Ш-го Съезда партии ставят новые весьма важные, как с количественной так и с качественной точки зрения задачи в области производства электроэнергии, причем особый упор ставится на снижение удельных расходов топлива и на комплексную экономичность новых установок. Полученные результаты соответствуют предусмотренным шестилетним планом данным. К XX-ой годовщине освобождения страны румынский народ преисполнен решимостью всемерно увеличивать и в дальнейшем достигнутые до сих пор успехи.

Energetica 12 (1964). № 8. стр. 349—351

Georgescu A.: Электрификация страны спустя 20 лет после становления народно-демократического строя. Достижения и перспективы

В результате общей отсталости страны до претворения в жизнь планов электрификации, электроэнергетический сектор был весьма слабо развит. В 1938 году, — год наиболее значительного развития капитализма в Румынии, произведенная электроэнергия составила лишь только 1130 Гвт/час, что в пересчете на каждого жителя составляет в год лишь 72,4 квт/час, по сравнению со средним мировым показателем 200 квт/час.

Оборудование электрических станций и сетей электропередачи, а также распределительных сетей, находилось в состоянии разрухи: существовавшие в то время примерно 600 электрических станций были оснащены небольшими, маломощными и весьма изношенными агрегатами. Мощность 80% этих агрегатов не превышала 1 Мвт. В 1944 году в стране имелась лишь только одна более значительная гидроэлектрическая станция в Добрешть (16 Мвт) с единственной линией на 100 кв, протяженностью в 127 км, осуществлявшей связь между этой станцией и столицей.

Общая линия индустриализации страны нашла свое отражение в десятилетнем плане электрификации и в Директивах Ш Съезда Румынской Рабочей Партии.

Основными объектами плана электрификации явились: обеспечение электроэнергией необходимой для развития промышленности, целесообразное освоение энергетических рессурсов, постепенная электрификация сельскохозяйственных работ, повышение культурного уровня и благосостояния народа, развитие экономически отсталых районов в результате безразличного отношения к ним буржуазно-помещичьего строя в прошлом. Производство электроэнергии должно было достигнуть в 1960 году 7.000 Гвт/час, для чего были построены новые станции, расширен ряд существующих станций, а также сооружены необходимые установки для электропередачи и распределения тока.

План был осуществлен почти на год раньше установленного срока. Так, в 1960 году производство электроэнергии достигло 7.650 Гвт/час (примерно на 10% больше по сравнению с предусмотренным планом уровнем). Это количество энергии было достигнуто с помощью установленной мощности на 2356 Мвт, то есть менее предусмотренной цифры, благодаря чему в отношении капиталовложений была получена значительная экономия.

Среди главных теплоэлектростанций, сооруженных в течение первого десятилетнего плана электрификации страны, в первую очередь следует отметить станции в Парошень (150 Мвт), Борзешть (125 Мвт), Сынджиорджиу (150 Мвт), Дойчешть (120 Мвт). Параметры пара достигли значений в 100 ата, 510°С.

Одновременно особый упор ставится на строительство гидроэлектрических станций. В то время как в 1950 году существовало лишь одна более крупная станция (Дойчешть), к концу 1963 года общая установленная мощность гидроэлектрических станций равнялась 327 000 квт, причем мощность лишь только одной станции им. В. И. Ленина-Биказ составляет 210 000 квт.

Шестилетний план развития народного хозяйства предусматривает на 1965 год производство 18 500 Гвт/час, причем установленная мощность должна достигнуть 3.900 Мвт.

В рамках этого плана уже осуществлены или находятся в стадии сооружения крупные объекты, как например: теплофикационная станция Бразь (200 Мвт), станция Лудуш/300 Мвт), расширение станций Парошень и Борзешть, сооружаемые станций в Крайове и Бухаресте-Юг, гидроэлектростанция им. 16 февраля на реке Арджеш (220 Мвт), сеть гидроэлектростанций ниже по течению от Биказа. Особо следует отметить высокие параметры пара на крупных теплоэлектростанциях — 140 ата и 570°С.

Новые построенные станции были подключены к мощной энергетической системе, для которой были воздвигнуты линии электропередачи и распределительные сети, а также необходимые трансформаторные станции подстанции.

Выполнение и перевыполнение заданий намеченных планом электрификации страны и Директивами Ш Съезда Румынской рабочий партии являются залогом претворения в жизнь великих задач, стоящих перед энергетиками нашей страны.

Energetica 12 (1964). № 8. стр. 352—360

Groza O. и *Cogălniceanu A.*: Развитие гидроэнергетики

Автор отмечает развитие гудроэнергетики в РНР, особенно в период после освобождения нашей страны.

В главе 1 изложено положение, в котором этот сектор находился к началу осуществления плана электрификации страны. В таблице 1 приводятся характеристики наиболее крупных гидроэнергетических станций (более 1 мвт), существовавших в 1950 году, а в таблице 2 – данные относительно основных плотин. Из этих показателей можно вывести заключение об отсталости этой отрасли в момент освобождения страны.

В 1950 году, к началу претворения в жизнь плана электрификации страны, была организована систематическая работа по изучению и освоению национальных гидроэнергетических рессурсов.

Гидроэнергетические рессурсы РНР были установлены в результате подробных гидрологических топометрических и геологических исследований. Теоретический линейный потенциал всех водных потоков (включительно доля РНР в потенциале Дуная) составляет около 70 миллиардов квт/час в средние годы, а годный для освоения технический потенциал равен примерно 36 миллиардам квт/час. Распределение этих потенциалов по гидрографическим бассейнам приводится в таблице 3. Годный для освоения технический потенциал распределяется примерно одинаково (по 12 ниллиардов Квт/час в год) по станциям со специфическими пиковыми условиями, основными полупиковыми условиями и по речным станциям.

Описание основных уже осуществленных и находящихся в стадии строительства гидроэнергетических сооружений дается в главе 2, а основные данные по этим работам приводятся в таблице 4.

Основными характерными чертами развития гидроэнергетики являются следующие:

— сооружение в течение этого периода пиковых гидроэлектрических станций, располагающих значительными собственными водохранилищами; по этой причне в 1962 году, несмотря на то, что участие гидроэнергетических станций в покрытии потребностей в электроэнергии составило лишь только 6,5 %, их установленная мощность равнялась 14,7 % общей мощности энергетической системы РНР;

— тенденция к увеличению мощности гидроэлектрических станций, посредством применения новейших концепций в гидроэнергетическом строительстве, к концентрации дебитов соседних гидрографических бассейнов и к повышению напора путем подземного размещения станций и комбинирования строительства с длинными отводными каналами;

— непрерывное повышение единичной мощности агрегатов;

— комплексный характер благоустройства, при котором предусматривается, что водохранилица должны удовлетворять также потребности в воде и других используемых в народном хозяйстве рек;

— полное благоустройство участков рек, расположенных ниже по течению от крупных сооруженных на верхнем течении водохранилищ путем строительства маломощных и средних станций;

— типизация перепадов, гидротехнических агрегатов и сооружений, каскадных станций на нижнем течении рек; в таблице 6 приводятся характеристики выпускаемых в РНР агрегатов для каскада на реке Бистрица.

После пуска сооружаемых в настоящее время станций, общая мощность гидроэнергетических узлов составит около 800 Мвт, а их среднегодовое производство электроэнергии достигнет около 2 150 000 000 квт/час.

Сооружение гидроэлектрических станций развивалось постепенно. В течение первого этапа были воздвигнуты пиковые деривационые станции, в последствии перешли к сооружению каскадов станций с небольшим перепадом, а в течение текущего года этот сектора вступил в новый этап благодаря началу строительства речной гидроэлектрической станции на Динае.

Согласно заключенному между РНР и ФСРЮ договору в 1964 году начнается строительство энергетической и судоходной систем у Железных Ворот мощностью более 2.000 Мвт, с годовой производительностью 10 милиардов квт/час, распределяемой в равной мере между обеими странами.

Осуществление этого гидроэнергетического узла является единственным целесообразным техническим решением, обеспечивающим коренное разрешение вопроса суходства в этой зоне, позволяя увеличить движение более чем в 4—5 раз по сравнению с существующим ныне.

В таблице 7 приводятся характеристики основных плотин, сооруженных в течение последниех лет, а в таблице 8-основных элементов гидротехнических каналов.

В дальнейшем, в результате развития строительства всех типов гидротехнических узлов, их удельный вес в покрытии нужд энергетической системы, увеличится еще в большей мере. После 1970 года, в результате ввода в строй системы расположенной у Железных Ворот и сооружения других гидроэнергетических станций на внутренних реках, производство гидроэлектроэнергии превысит 20 процентов общего производства страны.

Energetica 12 (1964). № 8, стр. 361–372

Nitu V.: Успехи, достигнутые в области проектирования и сооружения теплоэлектрических станций

Проводимая в Румынии политика индустриализации привела к весьма быстрому росту развития энергетики, характеризующемуся ежегодными приростами в 13,7 % за период 1950—1960 гг. и в 19 % за период 1960—1965 гг. Этот быстрый темп обусловил предпочтительное развитие теплоэлектрических станций, сооружаемых в краткие сроки и с меньшими исходными капиталовложениями.

В основном, строительство теплоэлектрических станций было направлено на целесообразное использование топлив, комбинированное производство электрической и тепловой энергии путем широкого внедрения промышленной и городской теплофикации, в условиях непрерывного роста единичных мощностей и параметров (температура и давление) агрегатов, а также на концентрацию мощности на крупных станциях. Так, например, если в 1952 г. были установлены агрегаты на 20 Мвт, 64 ата, 480°С, то в 1956 г. были смонтированы конденсационные агрегаты на 50 Мвт, 100 ата, 510°С, в 1963 г. — агрегаты на 100 Мвт, 240 ата, 570°, с промежуточным перегревом, а в 1964 г. вступил в строй агрегат на 150 Мвт, 140 ата, 570°С с промежуточным перегревом. В ближайшем будущем будут установлены турбоагрегаты на 200 и 300 Мвт на теплоэлектрических станциях, мощностью от 800 до 1000 Мвт. Рост параметров и единичных мощностей привел к снижению удельного расхода до менее 2500 ккал/квт-час и к снижению показателей стоимости, площади , объема, обслуживающего персонала, вплоть до значений сопоставимых с наилучшими достижениями в мировом масштабе.

В целях оптимального использования топлива были сооружены станции, использующие отходы от мойки угля, низкокачественный уголь, газ низкого давления и др., причем теплофикация является в настоящее время весьма важным направлением румынской энергетики в деле экономии топлива.

В силу того, что комбинированное производство электрической и тепловой энергии на теплофикационных станциях дает существенную экономию топлива, в 1965 г. доля установленной мощности на подобных станциях достигнет 40,7 %.

Одновременно с ростом параметра и единичных мощностей турбогенераторов, были усовершенствованы также свпомогательные установки станций, как например, установки для химической очистки были сооружены с использованием схем, основанных на полной деминерализации.

Автоматические схемы используют исключительно электронные регуляторы специального и унифицированного типа, которые, благодаря зашитным установкам, сигнализации, блокировке и др., ведут к повышению безопасности в эксплуатации и снижению показателя обслуживания до значений менее 1 человек/Мвт. На работающих на угле станциях были предусмотрены высокоэффективные комбинированные фильтры (98—99 %).

Весьма существенные успехи были достигнуты в области упрощения технологических схем, конструктивной концепции станций, выборе мест для их расположений и др. В отношении конструкций упор был поставлен на использование в течение последнего периода сборных изделий и монолитных бетонов, осуществляемых с помощью скользящей и шаговой опалубки.

В результате достигнутого технического прогресса, техникоэкономические показатели проектируемых и сооружаемых станций находятся на уровне наилучших достижений в мировом масштабе.

Energetica 12 (1964), № 8, стр. 373–380

Kraft M. и *Moţoiu C.:* **Теплоэлектрическая станция Лудуш**

Теплоэлектрическая станция Лудуш, являющаяся одним из наиболее важных энергетических сооружений Румынии, первая очередь которой была построена на мощность 300 Мвт, в настоящее время расширяется для увеличения мощности до 800 Мвт. Первая очередь, состоящая из блоков на 100 Мвт вступила последовательно в строй в 1963 и в 1964 годах, а сооружаемая ныне вторая очередь состоит из одного блока на 100 Мвт и 2 блоков по 200 Мвт.

В качестве топлива станция использует природный газ. Ее размещение было установлено после проведения подробных изысканий с учетом вопроса транспорта газа низкого давления, электроэнергии и технических и экономических условий охлаждения на берегу реки Муреш, — местности являющейся основным центром источников газа.

Охлаждение агрегатов производится по смешанному циклу, так как река Муреш обеспечивает охлаждение для первой очереди в 300 Мвт в размере 80 % времени, а для конечной мощности в размере 42 % времени.

Станция была размещена в непосредственной близости реки, причем в связи с условиями затопляемости ее размещение приурочено к более высокой отметке, с водонасосной станцией, забирающей воду из реки и рекуперационной гидроэлектрической централью для возвратной воды.

На основании результатов технико-экономических расчетов градирни для групп в 100 Мвт соответствуют типу с принудительной циркуляцией и бассейном сооруженным для отделения песка, а градирни для групп на 200 Мвт соответствуют типу с соответственной циркуляцией.

Передача электрической мощности имеет место при напряжениях 400 кв по линии международной объединенной энергосистемы, связанной с Чехословацкой Социалистической Республикой и другими социалистическими странами, 220 кв — для подключения к крупным энергетическим узлам национальной энергосистемы и 110 кв — для питания областных потребителей.

Электрические генераторы подключены с помощью блоковых 2-хобмоточных трансформаторов с напряжением 220 кв (1 генератор на 100 Мвт с напряжением 110 кв), а связь между основной станцией на 220 кв и станциями на 100 и 400 кв осуществляется с помощью однофазных автотрансформаторов.

Все станции были построены на опорах и рамах из центрифугированного железобетона. Следует отметить, что для напряжения 400 кв это сооружение является первым осуществленным по этой конструктивной системе.

Параметры пара: 140 ат и 570°С, с промежуточным перегревом до 540°С для блоков на 100 Мвт, поставленных Чехословакией и до 570° для блоков на 200 Мвт, поставленных Советским Союзом.

Котлы блоков на 100 Мвт с дебитом 330 т/час с естественной циркуляцией, характеризуются полувнешней конструкцией с 3-мя газовыми линиями.

Котлы блоков на 200 Мвт, с дебитом 640 т/час, с принудительной циркуляцией сооружены в виде двух корпусов внутреннего типа, с 2-мя газовыми линиями.

При размещении оборудования в главном здании были учтены особенности установок для газового топлива, причем применено решение о размещении котлов вплотную с машинным залом и с технологическими камерами управления, внутренними службами и расположенными между котлами газификаторами, благодаря чему был достигнуты весьма благоприятные показатели строительства.

Централизация управления и автоматическая регулировка соответствует весьма высокому уровню, причем предусмотрена центральная термическая камера диспетчера, в которой будет установлена электронная счетно-вычислительная машина для информации и оптимизации эксплуатации. Для каждого из двух блоков предусмотрено по одной технологической камере управления.

Для монтажа станции применены оригинальные методы предварительной сборки котлов, при которых экраны топки были сварены и замурованы полностью на земле по всей высоте около 30 м., после чего они были подняты в вертикальное положение с помощью специальных приспособлений.

Пуск станций осуществлен опытными эксплуатационными кадрами. При этом уже в самом начале было установлено соответствие номинальных, предусмотренных проектом показателей расхода в 2 200 ккал/квт.час.

В статье освещаются и обосновываются решения положенные в основу проектирования станции, а также описываются конструктивные особенности оборудования и основных схем.

Energetica 12 (1964), № 8, стр. 381–392

Burducea C. и *Curelaru A.:* **Крайовская теплоэлектроцентраль**

Крайовская теплоэлектроцентраль, которая должна вступить в строй в течение текущего года, является одним из звен крупного индустриального комплекса сооружаемого в окрестностях Крайовы. Это станция будет снабжать теплом и электроэнергией соседние промышленные предприятия и в первую очередь расположенный в непосредственной близости химический комбинат. Кроме того станция будет подавать значительно количество электроэнергии в энергетическую систему, осваивая значительные запасы лигнита, разрабатываемого в угольных бассейнах Олтении.

Согласно исходным планам вначале станция предусматривалась на установленную мощность 550 Мвт на первый этап, с возможностью увеличения до 700 Мвт. В настоящее время, в результате специально проведенных изысканий, установлено, что окончательная мощность станций достигнет 1 000 Мвт.

В течение первого этапа станция будет оснащена следующим оборудованием:

— два конденсационных турбогенераторных агрегата, мощностью по 1 000 Мвт, 130 ата, 565/535°С;

— два паровых котла с промежуточным перегревом производительностью по 330 т/час, 139 ата, 570/540°С;

— два конденсационных турбогенераторных агрегата с отбором мощности по 50 Мвт, 130 ата, 560°С, с регулируемыми паротводами 0,7—2,5 ата и 13 ± 3 ата;

— турбогенераторный агрегат с противодавлением мощностью 50 Мвт, 130 ата, 565°С с противодавлением 8±1 ата;

— 3 паровых котла производительностью по 370 т/час, 139 ата, 570°С.

В рамках расширения предусмотрен монтаж еще одного теплофикационного агрегата, мощностью 50 Мвт, а также двух конденсационных единиц по 300 Мвт.

Крайовская теплоэлектроцентраль расположена на расстоянии около 8 км от города Крайовы, по шоссе Крайова-Филиашь, вблизи слияния рек Амарадия и Жиу. Выбор этого месторасположения обоснован следующими соображениями:

— близость химического комбината, питаемого электроэнергией и теплом, промышленной и деминерализованной водой;

— снабжение углем; станция расположена вблизи железнодорожныого узла, по которому лигнит перевозится из различных угольных бассейнов Олтении

— охладительная вода; река Жиу может обеспечить в этом пункте в течение большей части года значительный дебит охлаждающей воды, в которой нуждается станция;

— наличие соответствующих участков для складирования больших количеств шлака и золы, сбрасываемых станцией;

— близость к городу Крайова, что позволяет разрешить вопрос жилищного устройства для обслуживающего станцию персонала.

Компоновка на участке объектов станции обусловлена размещением главного здания, продольная ось которого расположена параллельно национальному шоссе Крайова-Филиашь. В пространстве между главным зданием и национальным шоссе размещены электрические станции напряжением 110 кв и 220 кв (открытого типа), и 35 кв (закрытого типа). На участке расположенном напротив главного здания будут размещены установки по обеспыливанию топочных газов, дымовая труба высотой 160 м, угольное хозяйство и соответствующий склад.

Установки для каптажа охладительной воды (плотина, водозаборы, отстойник) расположены на расстоянии около 2 км от станции, будучи связанными с этой последней подводящим каналом открытого типа, рассчитанным на дебит 24 м^3/сек.

Что касается тепломеханических установок, конденсационные агрегаты спроектированы по блок-схеме, а теплофикационные агрегаты предусмотрены с поперечными перемычками со стороны пара и со стороны воды для питания. Поставляемое станцией тепло подается в виде пара при 8 ата и 12 ата, а также горячей воды с температурой 150/70°С.

Работы по строительству этой станции были начаты в 1962 году. К концу 1964 года намечается введение в строй первой теплофикационной очереди, что потребовало значительных усилий со стороны проектировщиков и строителей этого важного энергетического объекта, благодаря которому область Олтения станет крупным производителем энергии.

Energetica 12 (1964), № 8, стр. 392–400

Stăncescu I. D.: Развитие теплофикации

Основы теплофикации, являющихся в настоящее время одним из основных направлений в области развития румынской энергетики были заложены при разработке плана электрификации страны на период 1951—1960 гг. Развитие в этой области были обусловлено на основании директив II съезда Румынской Рабочей Партии и значительно расширено впоследствии.

Техническая и экономическая эффективность теплофикации в значительной мере зависит от специфических условий применения как в виде индустриальной теплофикации, так и в виде теплофикации городов.

Все это обусловило необходимость многогранного изучения специфических условий в Румынии, как например климатических условий, вида, размера и плотности потребления тепла, способа строительства зданий, наличия или возможности сооружения газораспределительной сети, возможности концентрации некоторых видов промышленного потребления посредством соответствующего размещения новых заводов и комбинатов, отличающихся от условий других стран. Это повело к разработке оригинальной концепции теплофикации и направления ее применения.

Разумеется, вся эта деятельность находилась в непосредственной зависимости от важнейшего народохозяйственного значения экономии топлива, осуществляемой путем теплофикации, ведущей по существу с народохозяйственной точки зрения к снижению расхода лигнита, поскольку этот последний является в настоящее время наиболее дорогим и трудно добываемым видом ископаемого топлива, необходимого для уравновешивания общего топливного баланса.

Как современная единая концепция в области теплофикации, так и обычно применяемые в настоящее время конкретные решения являются результатом длительных изысканий и опыта приобретенного за пятнадцатилетний период, — промежуток в течение которого были отмечены значительные сдвиги и существенные успехи.

Исходя из имевшегося в прошлом положения, при котором сооружение небольших теплофикационных станций носило случайный характер в статье дается обзор развития теплофикации во времени, главным образом в отношении систематизации концепции проектирования и сооружения.

Среди наиболее важных достижений в области индустриальной теплофикации следует отметить комплексы индустриальной теплофикации в Борзешть-Онешть и Бразь-Плоешть, с установленной электрической мощностью соответственно в 175 Мвт и 200 Мвт, располагающие возможностью выработки пара до 1000 т/час. Эти установки являются весьма крупным успехом не только в национальном масштабе, но и на уровне мировой техники в этой области.

Несмотря на то, что потребление тепла еще не достигно своего максимального значения, стоит отметить, что экономия топлива за 1963 год на каждом из этих двух крупных комплексов составила 150 000 тонн в год, что в денежном выражении представляет 60 миллионов лей, причем благодаря этой экономии удалось сократить капиталовложения в сумме 180 милионов лей, которую пришлось бы ассигновать добывающей топливо промышленности.

В области городской теплофикации проведены обширные изыскания, подготовлены условия развития широкой кампании осуществляемого ныне жилищного строительства, в основу которого положены новейшие решения по снабжению теплом, обеспечивающее наряду с высокой экономичностью высокий уровень комфорта и гигиены новых жилищ, а также чистоту атмосферы в соотвествующих городах.

Проведение исследований в связи с теплофикацией столицы привело к разработке ряда решений на наиболее высоком уровне мировой техники .В настоящее время к теплофикационной сети подключено около 20 000 квартир, причем протяжение этой сети составляет около 60 км. Кроме Бухареста проведено изыскание и применен ряд решений по теплофикации в городах Решица, Хунедоара, Онешть, Арад, Тимишоара, Яссы и др.

Располагая широкими перспективами, теплофикация явится и в дальнейшем одним из основных направлений развития румынской энергетики.

Energetica 12 (1964), № 8, стр. 401–410

Constantinescu E.: Развитие транспортных и электрораспределительных установок

В течение первого этапа осуществления плана электрификации, то есть до 1955 года, основное внимание уделялось поставке электроэнергии потребителям посредством строительства местных сетей. В течение этого периода были созданы разобщенные региональные энергетические системы, включающие новые сети на 110 и 35 кв, наряду с существующими сетями на 60, 25 и 15 кв. Такие системы возникли в Мунтении, Молдове, Добрудже, центральной, юго-западной и северо-западной Трансильвании. Впоследствии, в результате строительства ряда 110 кв-линий для подключения региональных систем, была создана единая национальная система.

Дальнейший рост потребления электроэнергии, соответственно увеличение потребностей в энергопередаче, обусловили применение более высоких напряжений в 110 кв. Так, в 1963 году была введена в строй линия Сынджеорджу-Лудуш с напряжением 220 кв, с помощью которой осуществляется непосредственное подключение энергетических систем Молдовы и центральной Трансильвании.

В том же 1963 году вступила в действие 400 кв линия Лудуш-Социалистическая Чехословацкая Республика с напряжением 220 кв. Благодаря этому энергетическая система нашей страны подключена к энергетическим система ГДР, Польской Народной Республики, Венгерской Народной Республики и СССР.

Вместе с тем были сооружены или находятся в стадии строительства другие 220 кв линий для питания электроэнергий крупных объектов шестилетнего плана или значительных центров потребления. Таким образом были созданы 220 кв линий Лудуш-Хунедоара, Крайова-Слатина и Фокшан-Галац, причем будет воздвигнута линия на 400 кв Лудуш-Слатина, которая вступит в строй с напряжением 220 кв.

В качестве абсолютных цифр протяженности линий на 1963 год приводятся следующие данные: 538 км линий на 220 и более кв, 4734 км линий на 110 кв, 3879 км линий на 35—60 кв и 30 116 км распределительных линий до 30 кв.

Что же касается трансформаторных станций, в рамках плана электрификации, первыми были построены станции на 35 кв. В дальнейшем были спроектированы и сооружены станции до 110 кв, причем переход на более высокие напряжения (220 кв и 400 кв), был осуществлен спустя 10 лет.

В принятых конструктивных решенях были учтены как общие факторы так и факторы специфичные для нашей страны. В целях экономии профильного проката и древесины, все более расширяется в дальнейшем применение железобетона в строительстве линий до 110 кв включительно. Для линий на 220 и 400 кв, до настоящего времени были использованы лишь только металлические опоры, за исключением участка линии на 400 кв, на котором были установлены опорные линии портального анкерного типа из предварительно напряженного центрифугированного бетона.

На трансформаторных станциях и подстанциях оборудование на 6—15 (20) кв было размещено в закрытых помещениях (кирпичные здания, металлические кабины), в то время как для установок на 35 до 400 кв применен монтаж открытого типа.

В целях экономии дефицитных материалов в широком масштабе внедрено использование сборных железобетонных изделий. За весьма редкими исключенями, натяжные элементы гибких проводников (рамы) и для поддержки расположенных на небольшой высоте устройств, включительно опоры стержней громоотводов для станций открытого типа на 35—400 кв были сооружены из центрифугированных железобетонных сборных изделий.

Одноэтажные здания для наиболее часто сооружаемых станций на 35 кв и 110 кв были воздвигнуты исключительно из сборных изделий.

Дальнейший рост мощностей и производимой, а также потребляемой энергии обусловлен значительным развитием передачи и распределения электроэнергии. В дальнейшем в качестве распределительного напряжения будет применяться напряжение в 110 кв, причем будет создана мощная система линий и станций на 220 и 400 кв.

Energetica 12 (1964). № 8. стр. 411—418

Popovici T.: **Технический прогресс в электроэнергетическом эксплуатационном секторе**

Успехи достигнутые за двадцатилетний период со дня освобождения страны в электроэнергетическом секторе, имеют весьма существенное значение.

Румынская рабочая партия уделила особое внимание энергетической промышленности, установив посредством планов электрификации страны, шестилетнего, а также перспективного плана, рамки развития этого сектора.

Осуществив и перевыполнив показатели вышеупомянутых планов, электро-энергетическая промышленность отметила значительные сдвиги, причем ее низкий уровень до 23 августа 1944 г. значительно повысился соответственно потребностям промышленного развития нашей страны.

Следует отметить, что установленная мощность увеличилась с 600 Мвт к концу 1944 г. до 2356 Мвт к концу 1963 г.; в течение 1964 г. войдет в строй установленная мощность равная всей установленной мощности до 23 августа 1944 г.

Объединение энергосистем и рост потребления електроэнергии позволили устанавливать энергетические агрегаты со все более увеличивающимися мощностями и высокими параметрами острого пара. В то время как период 1952—1956 гг. были введены в строй группы мощностью по 12-20 Мвт, в 1956 г. вступил в действие первый агрегат на 50 Мвт, с 1960 г. первый агрегат на 100 Мвт, в 1964 г. агрегат на 150 Мвт, а в ближайшем будущем начнеится установка агрегатов на 200 и 300 Мвт.

В рамках индустриализации нашей страны осуществляются крупные комплексные объекты, что ведет к концентрации крупных потребителей тепла. Тепло поставляемого центральными станцими электроэнергетического управления увеличилось с 102 848 Гкал в 1955 г. до 4 314 400 Гкал в 1963 г., а на 1964 г. предусмотрена поставка 7 590 000 Гкал.

Развитие удельного расхода топлива с 682, 5 г.см^3/квт-час в 1954 г. до 445,4 г.см^3/квт-час в 1963 г., отражает благоприятное влияние ряда мероприятий, осуществленных на энергетических установках, целью которых является снижение всех категорий энергетических потерь.

В области транспорта и распределения энергии были также проведены важные мероприятия, положившие основу развитию и улучшению условий снабжения потребителей. Осуществлено объединение областных энергетических систем в единую энергетическую систему, а в области сверхвысоковольтных сетей в 1963 г. вошли в строй 530 км линий на 220 квт и 400 квт. Обеспеченность работы повысилась в результате объединения сетей, путем устройства релейных защитных установок, защиты против сверхнапряжений и, главным образом, путем широкого внедрения автоматических устройств.

За период 1938—1963 гг. количество потребителей электроэнергии возросло с 433 533 до 1 180 412, причем потребление электроэнергии увеличилось более чем в 10 раз.

Ежегодный темп электрификации сел нашей страны возрос с 400 сел в 1960 г. до более 900 в 1963 и до 1000 сел в 1964 г.

В нашей стране еще в 1963 г. были электрифицированы все машинотракторные станции.

Energetica 12 (1964). № 7. стр. 419—424

Mihăileanu C.: **Изыскания в рамках энергетического сектора**

Повышение технического уровня электропередачи распределения электроэнергии и тепла обусловлено установкой ряда научно-исследовательских работ в этих областях. Подобные работы осуществляются в рамках Академии РНР, в том случае когда речь идет об основных проблемах, и в рамках департамента электроэнергии Министерства Шахт и Электроэнергии, если соответствующие вопросы связаны с действием существующих и намечаемых к строительству установок энергетической системы.

Научно-технические исследования и изыскания, проводимые в рамках департамента электроэнергии осуществляются на основании ежегодно разрабатываемого плана, включающего следующие шесть разделов:

а) технико-экономические изыскания;

б) научно-технические исследования;

в) освоение выпуска новой аппаратуры, создаваемой собственными силами департамента;

г) модернизация различной аппаратуры и существующих установок;

д) автоматизация централей, станций и электрических сетей;

е) внедрение новых технологических процессов для эксплуатации электрических установок.

Вся эта деятельность осуществляется в рамках департамента электоэнергии всеми подведомственными единицами, в зависимости от соответствующего профиля: Предприятие по рационализации и модернизации энергетических установок (ИРМЕ), Производственная единица энергетических диспетчеров (УПДЕ), Энергоремонт, Научно-исследовательский и проектный энергетический институт (ИСПЕ), Научно-исследовательский и проектный гидроэнергетический институт (ИСПХ), а также Строительно-монтажный энергетический трест (ТКМЕ).

Весьма широко развертывается научно-исследовательская деятельность, проводимая в рамках ИРМЕ, располагающим технической группой, разрабатывающей изыскательные, исследовательские проблемы, освоение новых изделий и модернизацию старых. Эта группа прикреплена к отделу промышленной продукции, выпускающему для эксплуатационных предприятий малосерийные изделия, проекты которых разрабатываются техническим отделом. Наряду с обоим упомянутыми видами деятельности предприятия занимаются также в широком масштабе оказанием технической помощи по требованию эксплуатационных предприятий, в целях улучшения работы установок.

Упомянутая деятельность проводится в основных энергетических отраслях, а именно: электроэнергетических системах, высоковольтной электроаппаратуре, теплоэнергетике, гидроэнергетике и энергетических электропередачах.

Основными конкретными исследовательскими проблемами, разрешение которых было достигнуто в результате предприняты различными учреждениями изысканий и энергетических исследований, явились:

1. Внедрение системной и локальной автоматизации на электрических станциях и сетях.
2. Внедрение телепередач (телепередач с помощью несущих токов и телемеханики);
3. Поведение энергетического оборудования (электро- тепло- и гидроэнергетического) в эксплуатации;
4. Изоляция высоковольтных установок и защита их против сверхнапряжения;
5. Использование новейших расчетных средств;
6. Изыскания связанные с проектированием и сооружением важных энергетических объектов.

В эту последнюю категорию входят весьма обширные изыскания по гидроэлектрическим станциям:

— Изыскания по инвентаризации гидроэнергетического потенциала РНР;

— технико-экономические исследования по гидроэнергетическому благоустройству гидрографических бассейнов;

— исследование режимов работы гидроэлектрических станций и планов эксплуатации водохранилищ;

— изыскания по выбору и обоснованию проектов строительства гидрэнергетических станций.

В дальнейшем, на основании полученных резйльтатов научно-исследовательская деятельность будет развиваться по всем направлениям в целях удовлетворения нужд энергетической системы.

Следует отметить, что предпринимаемые изыскания и исследования должны проводиться на высшем техническом уровне, причем необходимо изучить также их технико-экономический эффект для национальной энергетической системы.

Energetica 12 (1964). № 8. стр. 425—434

Gilbert, A. и *Rusmănică, I.:* Сооружение гидроэнергетических узлов

В статье освещаются достижения бухарестского гидоэнергетического строительского предприятия в области энергетического строительства и водоснабжения крупных промышленных объектов.

Показан приобретенный строителями опыт за период 1950—1964 гг. на основных энергетических реках страны: Бистрица, Арджеш, Саду, Черна, Бырзава, Фириза.

По основным сооружениям в Биказе, Арджеше, Секу и др. приводятся характеристики плотин, водоводов, водонапорных башень, напорных трубопроводов, гидроэлектроцентралей и отводных каналов.

В отношении плотин отмечается существенный прогресс, достигнутый в области строительства бетонных плотин и каменных набросок наиболее разнообразных типов: гравитационных, арочных с контрафорсами и оголовками и др. Вместе с тем описываются различные типы адукционных и других каналов.

Для каждого основного объекта показан технологические процессы и выполненные объемы работ, причем отмечается опыт приобретенный при строительстве каждого отдельного объекта.

В настоящее время усилия строителей направлены на осуществление гидроэнергетической и судоходной системы у судоходной системы у Железных Ворот, являющейся одной из наиболее крупных гидроэнергетических строек в мире, что будет содействовать развитию народного хозяйства обеих соседних стран.

Energetica 12 (1964). № 8. стр. 435—445

Vicol, P.: Из достижений строительно-монтажного энергетического сектора

Дается краткий обзор достижений строительно-монтажного энергетического треста, со времени его основания (1949 г.) до настоящего времени.

Выполнение всемерно увеличивающегося объема работ с непрерывно повышающимися технико-экономическими показателями обусловило систематическое внедрение новейших методов работы и технологических процессов, основанных на изготовлении сборных изделий, индустриализации работ и их комплексной механизации.

Развитие предприятия, наиболее существенные успехи и дальнейшие перспективы приходятся по основным секторам деятельности треста:

— Строительство электростанций;

— монтаж электростанций;

— строительство и монтаж трансформаторных станций и Пунктов;

— монтаж воздушных и подземных линий электропередачи.

В статье уделяется особое внимание наиболее важным дсотижениям, в том числе: использованию скользящей и шагающей опалубки; монтажу паровых котлов в крупных третхразмерных блоках; полной индустриализации внутренних и внешних 6—15 кв станций; технологии строительства 220—400 кв-линий и т.д.

По каждому)сектору деятельности треста приводятся перспективные линии развития технологии проведения работ.

Energetica 12 (1964). № 8. стр. 445—451

Marcu, B.: Правильное использование топливи электроэнергии

В статье дается обзор основных вопросов, связанных с потреблением топлив и электроэнергии в РНР. Подробно рассматриваются диресктивы, устанпвленные для рационального использования и экономии топлив и электроэнергии. Отмечаются изменения, имевшие место в топливном балансе в результате оздания гидроэнергетических сооружений, роста добычи лигнита и более эффектливного использования высококачественных видов топлива.

Приводится структура потребителей топлива, а также дается оценка технического уровня паровых котлов, причем рассматривается вопрос более широлого внедрения теплофикации. Вместе с тем, анализируются аспекты использования вторичных энергетических ресурсов на промышленных предприятиях, причем отмечаются успехи, достигнутые в области использования промышленного газа.

В отношении использования электроэнергии показано, что рост уровня электрификации сопровождается должным вниманием, уделяемым правильному использованию этого вида энергии.

Систематические мероприятия, проведенные в промышленности, повели к росту величины среднего коэффициента мощности до 0,917, к четкой регулировке кривой нагрузки, в связи с чем создаются так называемые ,,промежуточные потребители'' электроэнергии, а также к снижению потерь в электрических сетях и потерь сжатого воздуха.

Подчеркивается роль нормативов расхода топлива и электроэнергии в энергетической экономике, а также результаты, полученны в области снижения удельных расходов за период 1959—1963 г.

Energetica 12 (1964). № 8. стр. 452—456

CONTENTS

Gheorghiu N.: **Grandiose achievements meet the XX-th anniversary of the country's liberation**

The conception of the country's electrification has been justified at the National Conference of the Communist Party of Rumania, October 1945, in the conditions of struggle for vanquishing the economic confusion, and has become the guiding line of the vast activity continuously followed by the Party for the economical development of our country. In October 26-th, 1950, the Central Committee of the Rumanian Worker's Party has approved the Electrification Plan of the Country for the interval from 1951 to 1960. This Plan is included in the first two five-year plans of Rumania and is considered as forming part of the Party's programme.

The targets set by the Electrification Plan have been fulfilled and exceeded. Thus, the power installed in power stations, which has been increased approx 2.5 times, has allowed to cover the still raising power demands. The concentration of power production was raised by building new thermal power stations rated up to 150 MW, with unit rating from 12 to 50 MW and as a consequence the best economical results were obtained. Several large thermal power stations were built i. e. Paroşeni, Steaua Roşie-Fîntînele, Borzeşti, Doiceşti, which are considered as base load plants in the national power system.

The simultaneous generation of power and heat is considered as an important economic achievement. Besides the quick increase of the power output and an economy of fuel reaching approx. 30 % of the amount of fuel usually burned for separate production of heat and power, an up-to-date heat supply to the industry, the urban centers and the new worker centers has been obtained. The district heating and power production plants of Borzeşti, Brazi and Bucharest are mentioned as examples of modern conception and technique.

One of the main achievements of the Electrification Plan is the hydroelectric power plant V. I. Lenin — Bicaz which is one of Europe's largest hydroelectric developments.

The Third Congress of the Rumanian Worker's Party has marked a new stage of development for our country — the fulfilment of the socialist construction. The six-year plan (1960-— 1965) for the development of the national economy and the draft plan for the long term development period foresee the intense progress of the country's industrialisation and especially the increase of the power production so as to adopt the newest technique and to pass over to the mechanisation and automation of several processes of production in view to develop the whole national economy.

The Directives of the Third Congress have set up highly important targets for the electric energy, the decrease of the heat rate and the complex economicity of the new installations being especially underlined. The results obtained are in accordance with the provisions of the six-year plan and-the XX-th anniversary of the country's liberation finds the people ready to carry further the successes reached until now.

Energetica 12 (1964), nr. 8, p. 349—351

Georgescu A.: **The electrification of the country after 20 years of people's democracy. Realisations and prospects**

The electric power branch was very poorly developed before the application of the Electrification Plan, this being due to the generally backward conditions of the country. In the year 1938, which is considered as the year of maximum development for capitalism, the energy output reached only 1130 GWh i. e. per capita and per year 72.4 kWh against the world average of 200 kWh.

The power generating equipment installed in power stations and power transmission and distribution systems was obsolete; the almost 600 power stations were equipped with small units (80 % were rated under 1 MW), of low efficiency and worn out. In 1944, the country had only one hydroelectric plant Dobreşti (16 MW) and one transmission line, under 110 kV, 127 km long connecting this larger power station to the city of Bucharest.

The general industrialisation trend has been expressed through the ten year Electrification Plan and the Directives of the Third Congress of the Rumanian Worker's Party. The main objectives of the Electrification Plan were the following: to ensure the power required for industrial development, to use rationally the power resources, the succesive electrification of agriculture, the raise of the people's standard of living, the development of economically backward districts abandoned by the bourgeois-landlord regime. By the end of 1960 the energy output must reach 7000 GWh, this by building new power stations, extending some of the existing plants and erecting the required power transmission and distribution installations.

The targets were fulfilled almost a year ahead of schedule. In 1960, the energy output was 7650 GWh (approx. 10 % more than initially foreseen). This production was obtained with an installed power of 2356 MW, less than provided, realising thus an important economy of investments.

Among the base load thermal power plants built during the ten-year Electrification Plan, the following must be mentioned: Paroşeni (150 MW), Borzeşti (125 MW), Singeorgiu (150 MW), Doiceşti (120 MW). Steam parameters reached 100 ata, 510 °C.

Hydroelectric projects were also achieved. In 1950 there was only one more important plant (Dobreşti) but at the end of 1963 the total power installed in hydroelectric plants was 327,000 kW of which the power station „V. I. Lenin" — Bicaz gives 210,00 kW.

The six-year plan for the development of the national economy foresees for 1965 the generation of 18,500 GWh with an installed power of 3900 MW.

Some of the objectives included in this plan are already finished or are still in construction as for example: the heat and power station Brazi (200 MW), the power station Luduş (300 MW), the extension of power stations Paroşeni and Borzeşti, the power stations Craiova and Bucureşti-Sud still under construction, the hydroelectric plant „16 February" on the river Argeş (220 MW), the power plant cascade downstream of Bicaz. The high steam conditions obtained in some of the large thermal power stations i. e. 140 ata, 570°C, must be especially stressed.

The newly built power stations are connected through a powerful system, including transmission and distribution lines as well as the necessary substations and transformers substations.

The fulfilment and the over-fulfilment of the targets programmed by the Electrification Plan and by the Directives of the Third Congress of the Rumanian Worker's Party guarantees the realisation of the important charges still in front of our country's electricians.

Energetica 12 (1964), nr. 8, p. 352—360

Groza O. and *Cogălniceanu A.*: **Hydroelectric progress**

Progresses realised by hydroelectric projects in Rumania, especially after the liberation of the country, are underlined in this article.

The first chapter presents the situation at the beginning of the application of the Electrification Plan. Table I includes data for hydroelectric plants above 1 MW existing in 1950 and table 2 data on the main dams. Both show the backward stage in this domain at the moment of the liberation.

In 1950 the launching of the Electrification Plan was accompanied by a systematic activity including investigation works and the utilisation of the country's hydroelectric resources.

The hydroelectric resources of Rumania were established through detailed surveys, geological and hydrological investigations. The theoretic linear potential of all watercourses (including Rumania's share of the Danube potential) is approx. 70 billions kWh in an average year and the potential which can be developed is approx. 36 billions kWh. The distribution of these potentials on hydrographic basins is shown in table 3. The potential to be developed is distributed almost equally (12 billions of kWh per year) to peak load, half-peak, base load and run of the river plants.

Descriptions of the main projects realised and still under construction are given in chapter 2 and the main data for these developments are included in table 4.

The main features of the hydroelectric developments in Rumania (chapter 3) are the following:

— the construction, during this period, of peak load hydroelectric plants, with big storage reservoirs; as a consequence, although the participation of the hydroelectric plants for covering the power demand reached only 6.5 % in 1962, their installed power represented 14.7% of the total power output of the rumanian system;

— the trend to increase the power of hydroelectric plants, by applying modern conceptions to hydroelectric developments i. e. grouping the flow of adjacent hydrographic basins and raising the head by an underground location of the plant and long tailraces;

— the continuous increase of the equipment unit power;

— the complex conditions of the projects, the storage reservoirs being also provided for other needs of the national economy;

— the complete development of river sections downstream of large reservoirs, through the construction of small and mean power plants;

— the standardization of heads, equipment and hydrotechnical works for power plant cascades on the inferior courses of rivers; table 6 includes characteristic data for units made in Rumania for the cascade on the river Bistriţa.

After the plants now in construction will be put in operation, the total power of the hydroelectric plants will reach approx. 800 MW and the production in an average year will be approx. 2,150 billion kWh.

The construction of hydroelectric plants had a progressive development. Peak load plants have been realised during the first stage, then low head plant cascades and now, in this year, a new stage begins by the construction of the run of the river plant, on the Danube.

In accordance with the Convention signed between Rumania and Yugoslavia, the construction of the hydroelectric and navigation Project for the Iron Gates, will begin in 1964. The power will reach over 2,000 MW with an annual production of 10 mrd kWh to be divided equally between the two countries.

This project offers the only perfect solution for the navigation in this zone and allows a traffic increase of more than 4.5 against the present one.

Table 7 includes the characteristic data for the main dams built within these years and table 8 gives the data for hydrotechnical tunnels.

In the future, the progress realised in the construction of all types of hydroelectric works will increase still more their specific weight for covering the power system demands. After 1970, when the Iron Gates project is to be put in operation and other hydroelectric plants will be built on interior rivers, the production of hydrolectric energy will reach over 20% of the country's total production.

Energetica 12 (1964), nr. 8, p. 361–372

Nitu V.: Progress in the design and the construction of thermal power stations

Rumania's industrialisation politic has imposed a specially quick rythm to the development of energetics, which reached a yearly increase of 13.7 % from 1950 to 1960 and of 19 % between 1960 and 1965. This implied the construction of thermal power stations as the time necessary to complete them is shorter and the first investments are not so high.

As a whole, the construction of thermal power stations has aimed to a rational use of fuel, to the combined production of thermal and of electric power by extending the district heating and industrial heating systems, the conditions being the continuous increase of unit ratings and of the parameters (temperature and pressure) of the units as well as the concentration of power in large power stations. Thus in 1952 the units installed were rated at 20 MW, 64 ata, 480°C; in 1956 condensing units rated at 50 MW, 100 ata, 510 °C and in 1963 reheat-type units of 100 MW, 240 ata, 570 °C were put in operation. During 1964 a reheat unit rated at 150 MW, 140 ata, 570°C was commissioned. In the near future new units rated at 200 and 300 MW will be installed in thermal power stations from 800 to 1000 MW. The increase of the parameters and of the unit ratings have determined the fall of the heat rate down to 2500 kcal/kWh and the diminution of indices for cost, surface, volume, personnel that reach now values comparable to the best modern results.

In view of the best utilisation of fuels, power stations burning low grade coals, coal washery wastes, low pressure gasses etc. were built.

One of the main trends of rumanian energetics in view of sparing fuel is district heating.

As the combined production of electric and thermal power in power stations will bring forth an important economy of fuel, the rate of installed power in this type of power station will reach 40.7 % by 1965.

The auxiliary equipment of the power stations was improved during the same period. Thus, total demineralisation diagrams were used as a basis for chemical water treatemnt plants.

The automatic control systems use exclusively electronic controllers of specialized and unified types which, complete with installations for protection, alarm, interlocking etc., lead to a higher degree of safety and bring down the staff indice to less than one man per MW. Power stations fuelled with coal were equipped with highly efficient (98 — 99 %) electrostatic filters.

Big progresses were obtained by simplifying the technologic diagrams by the constructional conception of the power stations, the selection of the sites etc. Precast elements and concrete cast in place by using sliding casings are lastly frequently adopted.

As a consequence of the technical progress the economical and technical indices of the power stations still under design or construction stages are rated among the best actuall reached.

Energetica 12 (1964), nr. 8, p. 373–380

Kraft M. and *Moţoiu C.:* The thermal power station Luduş

The thermal power station Luduş, one of Rumania's most important power centers, is rated at 300 MW in the first stage and is actually extended to 800 MW. The power station which in the first stage has been equipped with 100 MW units, was put successively in operation in 1963 and 1964 and is presently being equipped with one 100 MW unit and two units rated at 200 MW.

The power station is fuelled with natural gas. The site was chosen after detailed studies considering the transport of low-pressure gas, the transmission of power and the technical and economical conditions for the cooling, on the bank of the river Mureş, the gravity center of gas fields.

The cooling is made by a mixed system as the river Mureş can ensure it for the first 300 MW stage during 85 % of the time and for the final rating during 42 % of the time.

The power station is sited in the immediate vicinity of the river, on a higher level, as flood hazards are foreseen. A pump plant for taking up water from the river and a hydroelectric power station for recovering the discharged water are also provided.

In accordance with the results of the technical and economical calculations, the cooling towers for the 100 MW units are forced draught towers with a sand clearing basin and those for 200 MW are of the natural draught type.

The electric power is delivered under a voltage of 400 kV through the international interconnexion line to Czechoslovakia and the other socialist countries, of 220 kV to the large power centers of the national grid and of 110 kV for local supply.

The generators are connected by generator transformers with 2 windings at a voltage of 220 kV (one 100 MW-generator under 110 kV) and the connection between the main 220 kV sub-station and the 110 kV and 400 kV sub-stations is made through single-phase auto-transformers.

All the sub-stations ate built with centrifugally cast reinforced concrete frames and columns. This type of construction is used for the first time for a 400 kV sub-station.

The steam characteristics are 140 at and 570°C with one reheating stage at 540°C for the 100 MW units supplied by Czechoslovakia and at 570°C for the 200 MW units coming from the USSR.

The boilers of the 100 MW units are rated at 330 t/h, with natural circulation and 3 gas ways; they are semi-outdoor structures.

The boilers of the 200 MW units are rated at 640 t/h, with forced circulation, two casings, two gas ways and are of indoor type.

The arrangement of the equipment in the main building has taken into account the particularities of gaseous fuel installations; a solution was chosen where the boilers are adjacent to the turbine house and the control rooms, the auxiliary service and the deaerators are housed between the boilers; thus extremely favourable construction indices were attained.

The centralizing of the control and the automatic control is very up to date; a central dispatching room where an electronic computer used for data processing and optimization of the operation is installed, is also provided. The technologic control rooms are figured as one for every two units.

Original pre-assembly methodes were used for the boiler erection where the walls of the combustion chamber were completely welded and lagged on the ground up to the total height of 30 m approx. and then erected by the aid of special consolidations.

The power station which was put in operation by an experienced operating staff has confirmed from the start the rated consumption indices mentioned by the design.

The article presents and justifies the basic solutions of the power station design and describes the constructional particularities of the equipment and of the main diagrams.

Energetica 12 (1964). nr. 8. p. 381–392

Burdurea C. and *Curelaru Al.:* The heat and power station Craiova

The heat and power station Craiova, which is to be put into operation during this year, is included in the large industrial complex constructed in the vicinity of the city of Craiova. The station will supply heat and power to the surrounding industrial units and especially to the chemical works near-by. Also the power output into the system will be very important. The power station is to be fuelled with lignite, obtained from the large reserves existing in the coalfields of Oltenia.

The basic design of the power station featured a first stage with an installed power of 550 MW and a future extension up to 700 MW. The special investigations now concluded foresee the extending of the power station up to a final output of 1000 MW.

The following equipment is to be installed during the first stage:

— two turbogenerator units, with condensing turbine, rated each at 100 MW, 130 ata, 565/535°C;

— two steam boilers with reheating cycle rated at 330 t/h, 139 ata, 570/540°C;

— two turbogenerator units with condensing turbine and steam extraction rated each at 50 MW, 130 ata, 565°C; the controlled bleedings are at 0.7–2.5. ata and 13 ± 3 ata;

— one turbogenerator with backpressure turbine, rated at 50 MW, 130 ata, 565°C, back pressure at 8 ± 1 ata;

— three boilers, rated at 370 t/h, 139 ata; 570°C.

In the future stage, two other condensing units rated each at 300 MW and one district heating unit will be installed.

The power station Craiova is sited at a distance of approx. 8 km of the city of Craiova, on the highway Craiova-Filiaşi, near the confluence of the river Amaradia with the Jiu. This site was chosen for following reasons:

— vicinity of the chemical works supplied by the power station with power and heat, industrial water and demineralized water;

— coal supply is handy: the power station is very near to the railway point towards which converge the lines transporting lignite from all Oltenia's coalfields;

— cooling water can be provided from the river Jiu which ensures almost permanently the large quantities of water required by the station;

— all storage areas are available;

— staff settlements in the near-by city of Craiova.

The arrangement of the power station units on the site is determined through the main building placed along the highway Craiova-Filiaşi. The area between the main building and the road is occupied by the 110 kV and 220 kV substations (of outdoor type) and by the 35 kV substation (indoors). On the opposite side of the main building are the dust removal installations, the chimney (160 m high), the coal handling plant and the storage.

The cooling water intake plant (dam, intake, settling pool) is placed at a distance of approx. 2 km from the station and the water is brought through an open channel, sized for a flow of 24 cusecs.

The condensing units are based on a block-diagram but the district heating units have transverse connections on the steam side and on the feed water side. The heat supplied by the station is delivered as steam at 8 ata and 13 ata or hot water 150/70°C.

The civil works of the power station have begun in 1962. The commissioning of the first district heating unit is foreseen for the end of 1964 calling thus the design engineers and the builders to a remarkable effort for the realisation of this important objective, by which the region of Oltenia steps in the front of power producers.

Energetica 12 (1964). nr. 8. p. 392–400

Stăncescu I. D.: The development of combined production of heat and power

The start for the development of combined production of heat and power was given through the Electrification Plan 1951 — 60, stressed anew by the Directives of the Second Congress of the Rumanian Workers' Party and much amplified in accordance with the Directives of the Third Congress. Now it can be considered one of the main trends of rumanian energetics.

However the technical and the economical efficiency of combined heat and power production rests essentially on the specific conditions of applications as industrial steam and power production or as district heating.

That is why a many-sided investigation of the specific conditions existing in Rumania was necessary including the climatic conditions, the character, the height and the density of heat consumption, the constructional type of the buildings the availability or the possibility to build a natural gas distribution system, the possibility to concentrate some industrial consumers by the correct siting of new works etc. These being different from other countries have determined a new outlook on the combined production of heat and power as well as suitable methods of application.

This entire action was evidently influenced by the high economic importance of fuel saving which can be obtained by the combined production of heat and power and which, considered from the point of view of the national economy, signifies basically the decrease of lignite fuelling as lignite is presently the most costly fuel, is also difficult to extract but is required to equilibrate the general fuel balance.

The present outlook in the field of combined production of heat and power as well as the solutions now currently applied, materialized gradually from the investigations and the experience of 15 years during which period big progresses and significant results were achieved.

The article examines the past situation marked by the construction of small, sporadically springing up stations for combined heat and power production and presents the development of these combined productions in time and especially as systematisation of conception, design and realisation.

Among the most remarkable realisations in industrial heat and power production the author mentions the stations in Borzeşti-Oneşti and Brazi-Ploieşti with an installed electric power of 175 MW respectively 200 MW and an allowable steam supply up to 1000 t/h which represent outstanding achievements for our country and reach as well the up to date level of the world technique.

Th economy of fuel in 1963, although the thermal consumption did not reach its full development, came up to 150,000 tcf/year for these two large plants; this means 60 million lei, and saved investments amounting to 180 mil. lei in the coal extraction industry.

The ample investigations in the field of district heating have prepared the conditions required for the large campaign started for housing constructions, based upon the modern solution of heat supply, which in addition to a high degree of economy ensure a high standard of living and an atmosphere free of pollution in the residential areas.

Thus in Bucarest approx. 20,000 flats are connected to the district heating system comprising a 60 km long network. District heating systems were also investigated and applied in the towns of Reşiţa, Hunedoara, Oneşti, Arad, Timişoara, Iaşi etc.

The combined production of heat and power, with its big prospects of development, will be also in the future one of the main trends of rumanian energetics.

Energetica 12 (1964), nr. 8, p. 401–410

Constantinescu E. : **The development of power transmission and distribution installations**

During the first stage of the realisation of the Electrification Plan, i. e. until 1955, the attention was focussed on power supply through local grids. In this time, district power systems were achieved, separated among them and including new 110 kV and 35 kV grids besides the existing ones which were rated at 60, 25 and 15 kV. The systems thus realised are those in Muntenia, Moldavia, Dobrogea, Central Transylvania, South-West Transylvania and North-West Transylvania. This was followed by the construction of some 110 kV connecting lines between the district systems and by the closing of the national power system.

The continuous increase of the power consumption and as a consequence the raising request for power transmission installations have determined the adoption of voltages above 110 kV. In 1963 the overhead line Bicaz-Sîngeorgiu-Luduş was been put in operation interconnecting the power systems of Moldavia and Central Transylvania. In the same year the 400 kV overhead line Luduş – Czechoslovakia has been started under a voltage of 220 kV. Through this transmission line the rumanian system has been interconnected with the power systems of the German Democratic Republic, of Poland, Hungary and the USSR.

Other 220 kV-lines are being or have been constructed for supplying the large objectives foreseen by the six-year plan or the big consumers centers. We may remind the 220 kV transmission lines Luduş-Hunedoara, Craiova-Slatina and Focşani-Galaţi and the future 400 kV line Luduş-Slatina, first to be operated under 220 kV.

Absolute lengths of transmission lines quoted for 1963 are the following : 538 km of 220 kV lines and above 220 kV, 4734 km of 110 kV lines, 3879 km of 35 – 60 kV lines and 30,116 km of distribution lines up to 15 kV.

The first transformer substations built under provision of the Electrification Plan, have been 35 kV stations. In the next years, the voltage was raised to 110 kV and ten years later substations for even higher voltages (220 kV and 400 kV) are designed and constructed.

The adopted constructional solutions have considered general factors as well as factors specific to our country. As rolled steel profiles and wood are scarce, reinforced concrete has been and continues to be used as much as possible for building transmission lines up to 110 kV. Steel towers have been erected up to the present for 220 kV and 400 kV transmission lines with the exception of a short distance of the 400 kV line where guyed portal-type supports, made from precast centrifugated concrete have been used.

Equipment rated from 6 – 15 (20) kV for transformer substations and posts is arranged in closed areas (brickwork buildings, steel kiosks). Substations from 35 kV to 400 kV are of outdoor type. Precast reinforced concrete supports are largely used in view to spare materials less easy to obtain. Centrifugated reinforced concrete elements have been used, with seldom exceptions, as tension frames for flexible conductors, supports for various instruments also as supports for lightning arrester rods in outdoor substations between 35 and 400 kV.

Single floor constructions for the most usual types of 35 kV and 110 kV substations have been designed for completely precast over-structure.

The continuous increase of the power and of the energy output and input requires an especial development of power transmission and distribution systems. It is probable that the 110 kV voltage will become the distribution voltage and that a powerful system of substations and transmission lines rated at 220 kV and 400 kV will be achieved in the near future.

Energetica 12 (1964), nr. 8, p. 411–418

Popovici, T.: **Technical progress in the operation of electric instalations**

Outstanding achievements were obtained in the field of electric energy within the 20 years from the country's liberation.

The Rumanian Workers' Party gave a special attention to the electric industry, the development programme being established through the plan of electrification, the six-year plan and the long-term plan.

By fulfilling ahead of the schedules the plans mentioned above, the electric power industry has grown from the low level existing before August the 23-rd 1944 to a level in accordance with the requirements of our country's industrial progress.

Thus, the installed power which did not exceed 600 MW at the end of 1944, reached 2356 MW at the end of the year 1963 ; in 1964 only, the installed power put in operation will be equal to the total power installed before 1944.

The interconnecting system and the increase of electric power consumption have allowed to install power generating units highly rated with high live steam parameters. While between 1952 and 1956 the unit rating of the comissioned sets was ranged from 12 to 20 MW, in 1956 the first 50 MW unit was put into operation ; in 1963 the first 100 MW unit and in 1964 one 150 MW unit were started. Very soon, the units installed will be rated at 200 MW and 300 MW.

As the industrialisation of the country foresees large and complex objectives, these leed to the concentration of big heat consumers. The heat delivered by the stations of the Electric Power Department has risen from 102,848 Gcal in 1955 to 4,314,400 Gcal in 1963 and for 1964 a supply of 7,590,000 Gcal is provided.

The heat rate diagram 682.5 gcf/kWh in the year 1954 445.4 gcf/kWh in 1963 shows the favourable results of some measures permanently realised in electric installations, directed towards the reduction of all categories of power losses.

The transmission and the distribution of power were also developed improving thus the power supply to the consumers. The national grid was unified and very high voltage lines were put in operation in 1963 (530 km of 220 kV and 400 kV lines). The operating safety has been increased by interconnecting the networks, by completing the relay protection system and the over-voltage protection installations and especially by the introduction of automatic control equipment.

Between 1938 and 1963 the number of power consumers has increased from 433,533 to 1,810,412, the electric power consumption rising thus more than 10 times.

The yearly rate of rural electrification has risen from 400 villages in 1960 to over 900 in 1963 and 1000 in 1964.

All machine and tractor stations were electrified in 1963.

Energetica 12 (1934). nr. 8, p. 419–424

Mihăileanu C. : **Researches made in the branch of energetics**

The raise of the technical level in the generation, the transmission and the distribution of electricity and heat implies the achievement of a series of investigations and researches carried out to this end. Some of these are made by the Academy of the Rumanian People's Republic, in case they concern fundamental questions, and others by the Department for Electric Energy of the Ministry for Mines and Electric Energy, if the problems concern the operating of the present and future installations of the power system.

The technical and scientifical investigations and researches carried out by the Department for Electric Energy are based on an annual plan, including the following six chapters :

a) technical and economical investigations ;

b) technical and scientifical researches ;

c) design of new instruments, constructed by the Departments units ;

d) modernizing of existing apparatus and installations :

e) automatic control of power stations, substations and power systems ;

f) adopting of new technological methods for the operation of electrical installations.

The activities mentioned above take place in all the organisations controlled by the Department of Electric Energy in accordance with their lay-out. These ar the Company for Power Distribution (I.R.E.), the Company for the standardization and the modernisation of power installations (I.R.M.E.), the Power Dispatching (U.P.D.E.), the Company for Repair Works (Energo-reparaţii), the Institute for Power Studies and Designs (I.S.P.E.), the Institute for Hyroelectric Studies and Designs (I.S.P.H.) and the Company for the Erection and the Constructon of Power Works (T.C.M.E.).

Among these, the investigation and research works carried out by the I.R.M.E., are especially important. The technical department makes investigations, researches, modernisations, studies new products. The industrial production department, where small serial products are made for operating companies from the designs of the technical department, carries on the work. The I.R.M.E. gives also technical assistance at the request of the operating companies, so as to improve the functioning of the installations.

The main branches of energetics are included in these activities, for example the power systems, the high voltage equipment, the thermal power, the hydrolectric power and the power transmission.

The main problems investigated and solved through the work of different institutes were the following:

1. — The introduction of the automatic control in the system and also in situ, in power stations and transmission systems;

2. — The adoption of teletransmission (telecommunication through carrier current and monitoring);

3. — The behaviour of the equipment during the operation;

4. — The insulation of high voltage installations and the protection of the same against voltage surges;

5. — The use of up to date computation methods;

6. — Investigations on the design and the construction of main electric objectives.

This chapter includes the ample researches concerning the hydroelectric power plants i. e.:

— the inventary of the hydroelectric potential of Rumania;

— technical and economical investigations for hydroelectric developments of hydrographic basins;

— studies about the operating conditions of hydroelectric power stations and the utilisation of storage reservoirs;

— investigations concerning the selection and the justification of hydroelectric power plants.

In the future the investigations and the researches based upon the obtained results must be extended to all directions so as to satisfy the requirements of the power system.

At the same time these must reach the highest level of the technique pursuing also the technical and economical efficacity for the national power system.

Energetica 12 (1964). nr. 8, p. 425–434

Gilbert A. and *Rusmănică I*: **Hydroelectric power projects**

This article presents the results obtained by the Company for Hydro-Electric Works by the building of hydro electric projects and of water supply systems for large industrial enterprises.

The experience gained by this Company between the years 1950 and 1964 on the main energy generating rivers of the country: Bistriţa, Argeş, Sadu, Cerna, Bîrzava, Firiza is shown.

Data on dams, intake conduits, surge tanks penstocks, hydroelectric plants and tail-race tunnels are mentioned for the main projects i. e. Bicaz, Argeş, Secu etc.

Permanent progresses realised in the building of concrete and rockfill dams of various types: gravity dams, arch dams, butress dams etc. are described as well as the different types of headrace tunnels and channels.

The technological methods and the volume of the realised works are given for each main objective of the projects mentioning the experience gained for each particular item.

Presently, the efforts of the builders are directed towards the realisation of the hydroelectric and navigation project of the Iron Gates, which is one of the world's largest hydroelectric projects and will aid the development of the national economies of the two neighbour countries: Rumania and Yugoslavia.

Energetica 12 (1964). nr. 8, p. 435–445

Vicol P.: **Results obtained in the section of power project construction and erection**

A short review of the achievements of the Power Project Construction and Erection Trust from its foundation in 1949 up to the present is presented in this article.

The continously rising extent of the works, realised with more and more better technical and economical indicators, required the systematic application of up to date technologic processes and of execution methods based upon prefabrication, industrialisation and complex mechanisation of the works.

The development, the more important present achievements and the trends are mentioned for the following sections of the Trust:

— power station construction

— power station erection

— construction and erection of transformer sub-stations

— erection of overhead and underground electric lines

The author underlines the most significant achievements i. e. : the use of gliding casings; the erection of steam boilers by big large three-dimensional subassemblies; the complete industrialisation of indoor and outdoor sub-stations from 6 to 15 kV; the technology of the construction of 220—400 kV lines etc.

The prospects of the technology of the execution are given for each section.

Energetica 12 (1964). nr. 8, p. 445–451

Marcu B.: **Judicious economy of fuel and of electric power**

This article comprises a review of the major problems in connection with the economy of fuel and of electric power in Rumania, laying stress on the directives established in view of the rational use and the saving of fuel and of electric power. Changes ocurring in the fuel balance through hydroelectric projects are mentioned as well as the development of lignite extraction and the efficient application of superior fuels.

The author gives a schedule of fuel consumers and some appreciations of the technical standard of steam boilers also for the extending of district heating. He continues by investigating some aspects of the utilisation of secondary power resources in industrial organizations and emphasizes the favourable results obtained by burning industrial gas.

With regard to the use of electric power he shows that the increase of the degree of electrification is accompanied by the careful attention given to the administration of this form of power.

Systematic actions taken in the industry had as result the increase of the average power factor up to 0.917, the pronounced control of the load curve (to which end „buffer consumers" of power were created), the decrease of losses in power systems and compressed air systems etc.

The part played by the standards for fuel and power consumption ih the economy of energy and the results obtained by the reduction of specific consumptions during 1959 — — 1963 are also stressed by the author.

Energetica 12 (1964). nr. 8. p. 452–456

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R

ANUL 12
1964
Nr. 8
AUGUST

MĂREŢE REALIZĂRI ÎNTÎMPINĂ A XX-A ANIVERSARE A ELIBERĂRII PATRIEI

Ing. **N. Gheorghiu**
adjunct al ministrului minelor
şi energiei electrice

Sărbătorim anul acesta două decenii de la eliberarea patriei noastre de sub dictatura militaro-fascistă, de către forţele populare sub conducerea partidului clasei muncitoare.

23 August 1944 — eveniment de însemnătate istorică — a constituit o cotitură hotărîtoare în viaţa poporului nostru, marcînd începutul transformărilor revoluţionare din ţara noastră.

Anii care s-au scurs de la instaurarea regimului democrat-popular au fost ani de luptă şi de muncă încordată, care se pot caracteriza prin descătuşarea şi stimularea avîntului creator al maselor; mobilizate şi însufleţite de partid, ele au obţinut realizări importante în dezvoltarea economiei naţionale, în creşterea nivelului de trai material şi cultural, în construcţia noii societăţi, societatea socialistă.

Moştenind de la regimul burghezo-moşieresc o economie slab dezvoltată, partidul, călăuzindu-se după învăţătura marxist-leninistă, a trasat linia generală şi a mobilizat toate forţele pentru industrializarea socialistă a ţării, atribuind electrificării ţării o importanţă primordială, ca fiind unul din obiectivele principale ale creării şi dezvoltării bazei tehnice-materiale a socialismului în R.P.R.

Încă din 1920 Lenin a arătat însemnătatea electrificării ca pîrghie a construcţiei societăţii socialiste şi comuniste, elaborînd o întreagă concepţie revoluţionară asupra progresului tehnicii şi economiei socialiste pe baza electrificării, formulînd celebra maximă: „comunismul este puterea sovietică plus electrificarea întregii ţării". „Numai atunci — sublinia Lenin — cînd ţara va fi electrificată, cînd industria, agricultura şi transporturile vor fi aşezate pe baza tehnică a marii industrii moderne, numai atunci vom învinge definitiv".

Experienţa acumulată pînă acum în dezvoltarea economiei şi energeticii ţărilor socialiste confirmă în modul cel mai strălucit justeţea acestei geniale previziuni leniniste.

Aplicînd în mod consecvent şi creator învăţătura marxist-leninistă în condiţiile concrete ale Romîniei, partidul nostru a considerat electrificarea ţării ca o sarcină de cea mai mare urgenţă şi însemnătate pentru industrializarea socialistă şi reorganizarea întregii economii pe baza tehnicii moderne, pentru dezvoltarea agriculturii socialiste, pentru valorificarea maximă a posibilităţilor şi resurselor naturale ale patriei, pentru continua ridicare a nivelului de trai al poporului.

„Realizarea electrificării — arată tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej — înseamnă dezvoltarea acelor ramuri ale economiei naționale care ridică într-un timp relativ scurt puterea economică a patriei noastre. . .“

Primele încercări timide de electrificare în țara noastră au fost făcute în 1882, cînd au fost iluminate electric cîteva clădiri din Capitală. A urmat apoi construcția unor centrale electrice urbane, ca cele de la Timișoara (1884), Caransebeș (1887), Craiova și Sibiu (1896), Brăila, Iași, Arad (1897) etc.

Înapoierea industrială și economică a țării, lipsa unei politici energetice de punere în valoare a resurselor țării și dependența de capitalul străin nu au permis însă dezvoltarea în continuare și maturizarea energeticii noastre. Legea energiei din anul 1924, care a încercat să pună bazele unei politici energetice, practic nu a fost aplicată. Ea a fost înlocuită cu legea din 1930, care deschidea calea pătrunderii capitalului străin în această ramură a economiei. Pe baza acesteia s-au acordat capitalului străin concesiuni pentru a instala în centrale electrice, numai în Transilvania, vreo 700 MW, din care s-au instalat doar 6 MW, atît din cauza slabei dezvoltări a industriilor consumatoare de energie electrică și a consumului mic al populației țării, care avea un nivel scăzut de viață, cît și datorită faptului că interesele capitalului străin erau concentrate asupra industriei de petrol și a cîtorva unități constructoare de mașini, care prezentau mai multe posibilități de realizare a unor profituri mari, la investiții mici.

Ideea electrificării țării a fost fundamentată la Conferința națională a Partidului Comunist din Romînia, din octombrie 1945, în condițiile luptei pentru înfrîngerea haosului economic, a sabotajului capitaliștilor, ea devenind o forță mobilizatoare, firul călăuzitor al vastei activități desfășurate în continuare de partid pentru dezvoltarea economiei patriei noastre.

În primii ani după instaurarea puterii democrat-populare, cu toată situația grea a instalațiilor energetice care suferiseră mult de pe urma războiului, datorită eforturilor pline de abnegație ale lucrătorilor din acest sector, însuflețiți de chemarea partidului, s-a reușit să se asigure alimentarea cu energie electrică necesară producției industriale globale, care în anul 1948 a atins 85% din nivelul antebelic (1938).

După instaurarea dictaturii proletariatului și naționalizarea principalelor mijloace de producție, poporul nostru a desfășurat o uriașă activitate creatoare pentru aplicarea politicii partidului în vederea făuririi unei noi societăți, societatea socialistă. În aceste condiții, partidul a inițiat dezvoltarea planificată a economiei naționale, în vederea construirii bazei tehnice-materiale a socialismului, a industrializării, electrificarea țării impunîndu-se astfel ca o sarcină de cea mai mare urgență.

Luptînd dîrz pentru realizarea programului de industrializare a partidului, înfrîngînd greutățile începutului, oamenii muncii au realizat un înalt ritm de dezvoltare a economiei naționale. Dacă creșterea medie anuală a producției industriale a Romîniei burghezo-moșierești a fost în perioada 1929 — 1938 de aproximativ 4%, în perioada 1951 — 1963 creșterea a fost de 13,2%, iar ritmul mediu anual de creștere a producției de energie electrică și termică în perioada 1951 — 1963 a fost de 14% — producția de energie electrică crescînd de circa 10 ori în 1963 față de 1938, anul cu cei mai înalți indici de dezvoltare ai Romîniei burghezo-moșierești.

Deci construirea unei societăți socialiste a impus necesitatea unei creșteri rapide a potențialului nostru energetic, electrificarea — conform învățăturii leniniste — trebuind să meargă cu un pas înaintea industrializării.

Partidul muncitoresc romîn și statul nostru democrat-popular au manifestat o grijă deosebită și permanentă pentru dezvoltarea continuă a bazei energetice a țării, îndeosebi pentru creșterea producției de energie electrică, pentru folosirea rațională a resurselor energetice și pentru gospodărirea chibzuită a rezervelor de combustibil, sarcini de mare însemnătate pentru sporirea eficacității întregii economii. S-au luat măsuri operative pentru satisfacerea cererii masive de energie electrică a industriei naționalizate, care au condus la o creștere a producției globale industriale din 1948 pînă în 1950 cu aproape 75%. Deoarece instalarea de puteri electrice noi importante nu era posibilă, au fost necesare măsuri organizatorice deosebite pentru creșterea substanțială a duratei de utilizare a centralelor electrice existente, pentru concentrarea și regruparea unităților electrogene mici, reușindu-se a se acoperi cu o creștere de putere de numai 1,5% o cerere de energie electrică sporită în 1950 cu 41% față de consumul din anul 1948.

În acest mod, sectorul energiei electrice a adus o importantă contribuție în primii ani de dezvoltare a industriei noastre naționalizate, contribuind esențial la crearea premiselor lansării planului cincinal și la pregătirea planurilor de perspectivă.

Pentru întocmirea planului de perspectivă s-a făcut o adîncă și complexă analiză a condițiilor concrete pentru realizarea electrificării țării, ținînd seamă atît de urgența ei cît și de posibilitățile reale de asigurare a bazei ei materiale. S-a ajuns la concluzia că electrificarea trebuie să se desfășoare pe baza unui plan multilateral de durată, care, în afară de stabilirea necesităților de energie și a soluțiilor de acoperire, să prevadă folosirea cît mai judicioasă a resurselor de energie primară ale țării în corelare cu gospodărirea complexă a apelor, cu organizarea unei producții proprii de echipament energetic, cu dezvoltarea unor organizații specializate de proiectare și montaje energetice, cu formarea cadrelor energetice în general ș.a.

La 26 octombrie 1950, Comitetul Central al P.M.R. a aprobat planul de electrificare a țării pentru etapa 1951 —1960, elaborat din inițiativa și sub conducerea directă a Partidului Muncitoresc Romîn. Planul de electrificare pe 10 ani constituie parte integrantă a primelor două planuri cincinale ale R.P.R. și este considerat parte integrantă din programul partidului.

La stabilirea lucrărilor de electrificare și eșalonarea acestora s-a ținut seamă de necesitățile alimentării cu energie electrică a marilor obiective industriale și de asigurarea cît mai devreme a unei baze corespunzătoare de distribuție a energiei electrice în toate regiunile țării.

O însemnătate deosebită pentru desfășurarea acțiunii de electrificare a avut-o Congresul al II-lea al P.M.R., care a subliniat importanța electrificării pentru creșterea gradului de mecanizare a producției și dezvoltarea forțelor de producție în diferite regiuni ale țării, dezvoltarea rapidă a industriei noastre electrotehnice și faptul că s-au creat posibilități pentru a ataca și executa într-un ritm rapid importante și grele lucrări de centrale electrice, de stații de transformare și linii de transport.

Călăuziți de partid, muncitorii, tehnicienii și inginerii din sectorul energetic au reușit să realizeze și să depășească sarcinile trasate prin planul de electrificare.

Puterea instalată în centrale, care s-a mărit cu circa 2,5 ori, a permis satisfacerea cererilor mereu crescînde de energie electrică. Prin construirea de centrale termoelectrice noi și cu puteri mari, între 24 și 150 MW, cu grupuri de puteri unitare între 12 și 50 MW, s-a mărit concentrarea producției de energie electrică, obținîndu-se rezultate economice superioare.

Ca rezultat de ansamblu se poate constata că depășirea cu 10% a producției de energie electrică din anul 1960 s-a realizat cu instalarea unei puteri cu 750 MW mai mică, ceea ce a avut ca efect o micșorare a investițiilor cu 5,5 miliarde lei față de prevederi. Aceasta a fost posibil printr-o mai bună exploatare a instalațiilor și dezvoltarea interconexiunii, ceea ce a ridicat durata de utilizare a puterii instalate de la 2850 ore în 1950 la peste 4000 în 1960.

Au fost construite termocentrale importante, cum sînt: Paroșeni, „Steaua Roșie"-Fîntînele, Borzești, Doicești, care sînt considerate centrale de bază ale sistemului energetic național.

Ca un aport economic important trebuie relevată introducerea și dezvoltarea termoficării, care și-a dovedit avantajele, permițînd în afară de o creștere rapidă a consumului de energie și o economie de combustibil de circa 30% din cantitățile de combustibil care s-ar fi consumat la producerea separată a energiei electrice și termice. Pe lîngă aceasta, termoficarea oferă în același timp și o bază tehnică modernă alimentării cu căldură a industriei, centrelor urbane și noilor centre muncitorești.

Se menționează ca exemple remarcabile de concepție și tehnică modernă complexele de termoficare de la Borzești, Brazi și din orașul București.

Folosirea potențialului hidroenergetic al rîurilor noastre a constituit de asemenea unul dintre principalele obiective ale planului de electrificare. Au fost construite centralele hidroelectrice Moroeni și Sadu V.

Una dintre principalele realizări ale planului de electrificare o constituie centrala hidroelectrică „V. I. Lenin" de la Bicaz, care prin caracteristicile ei este una dintre marile amenajări hidroelectrice din Europa.

Trebuie relevată, în această perioadă, extinderea masivă a rețelelor electrice de transport și distribuție și realizarea sistemului energetic național, ca și amploarea lucrărilor de electrificare a satelor.

Congresul al III-lea al P.M.R. marchează intrarea țării noastre într-o etapă nouă de dezvoltare — etapa desăvîrșirii construcției socialiste.

Planul de 6 ani (1960 —1965) de dezvoltare a economiei naționale și schița programului de perspectivă prevăd o intensificare a industrializării țării și în special creșterea producției de energie electrică în vederea introducerii tehnicii avansate și trecerii la mecanizarea și automatizarea unor procese de producție pentru dezvoltarea întregii economii naționale.

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. trasează sarcini de mare importanță, atît cantitative cît și calitative, în domeniul energiei electrice, un accent deosebit fiind pus pe scăderea consumurilor specifice de combustibil și economicitatea complexă a noilor instalații. În acest scop se va concentra producția de energie electrică în centrale puternice, echipate cu grupuri de puteri unitare mari.

În același timp se prevede dezvoltarea puternică a termoficării (industriale și urbane) prin producerea combinată de energie electrică și termică în mari centrale de termoficare.

Realizările obținute pînă acum sînt la înălțimea prevederilor planului de 6 ani, iar a XX-a aniversare găsește poporul nostru însuflețit de hotărîrea de a dezvolta și mai departe succesele obținute, pe calea înțeleaptă deschisă de partid, pe drumul desăvîrșirii construcției socialiste, pe drumul comunismului.

ELECTRIFICAREA ȚĂRII DUPĂ 20 DE ANI DE REGIM DEMOCRAT-POPULAR. REALIZĂRI ȘI PERSPECTIVE

Ing. **Adrian Georgescu**
secretar general în Ministerul
Minelor și Energiei Electrice

In anii care s-au scurs de la instaurarea regimului democrat-popular în țara noastră, partidul, aplicînd creator în practică învățătura marxist-leninistă, a dirijat cu hotărîre toate eforturile în direcția industrializării țării.

Ducerea la îndeplinire a acestei sarcini a fost deosebit de dificilă, ținînd seamă de moștenirea preluată de regimul nostru la instaurarea puterii populare, ceea ce s-a manifestat și în domeniul electrificării țării.

Astfel, datorită condițiilor de înapoiere economică a țării, în anul 1938, considerat anul dezvoltării maxime a capitalismului în Romînia, energia electrică produsă a fost de numai 1 130 GWh, ceea ce, raportat pe cap de locuitor și an, reprezenta 72,4 kWh, adică aproximativ 36% din media mondială la acea dată (200 kWh). Această rămînere în urmă situa țara noastră pe unul din ultimele locuri în statistica energetică internațională. În același an, 1938, consumul specific de energie era în Polonia de 125 kWh pe locuitor și an, în Cehoslovacia 380 kWh/loc.an, în Suedia 1 351 kWh/loc.an. Ritmul de creștere anuală a producției de energie electrică nu depășea în Romînia în acea perioadă cifra de 7%.

Structura consumului de combustibil utilizat pentru realizarea producției de energie electrică era de asemenea foarte dezavantajoasă : 44% din energia termoelectrică era produsă pe bază de gaze naturale, 34% pe bază de produse petroliere și 22% pe bază de cărbune ; centralele hidroelectrice produceau 8% din energia totală.

Instalațiile de producere din centrale și rețelele de transport și distribuție se găseau în aceeași stare de înapoiere. Cele aproape 600 de centrale electrice erau echipate cu grupuri mici (80% din ele aveau puterea sub 1 MW), cu randamente reduse și uzură avansată. Ele funcționau izolat, nefiind interconectate, producția de energie fiind destinată în general acoperirii nevoilor locale. Producerea combinată de energie electrică și căldură era inexistentă. În țară exista în 1944 o singură centrală hidroelectrică mai importantă, la Dobrești (16 MW), și o singură linie de 110 kV, de 127 km, care forma legătura între acea centrală și Capitală.

Mai existau doar vreo 500 km linii de 60 kV în Muntenia și centrul Transilvaniei și circa 3200 km linii de 6 – 30 kV în regiunea petroliferă din Muntenia, în centrul Transilvaniei și în zonele București, Arad, Timișoara și Reșița. În Moldova, Dobrogea, Oltenia și estul Munteniei nu existau linii electrice de transport de înaltă tensiune, ci numai linii de distribuție locală, pînă la cel mult 6 kV.

Acesta era tabloul sumbru al moștenirii lăsate de regimul burghezo-moșieresc.

Prin naționalizarea principalelor mijloace de producție, înfăptuită la 11 iunie 1948, ramura energiei electrice a devenit și ea sector socialist.

Din inițiativa și sub conducerea partidului a fost întocmit un plan de măsuri tehnico-organizatorice menite să îmbunătățească utilizarea puterii instalate existente și să pregătească electrificarea țării în ritm rapid în anii următori. Între aceste măsuri, o importanță deosebită a avut înființarea primelor organizații de studii și proiectări energetice, crearea, la început pe bază de comasare, a unor întreprinderi industriale mari, profilate pentru fabricarea de mașini, utilaje și materiale electrice, organizarea de întreprinderi specializate în construcții și montaje energetice, începerea pregătirii masive a cadrelor medii în școli speciale profesionale și tehnice medii și a inginerilor în facultăți de specialitate etc. Toate aceste măsuri au fost transpuse în viață o dată cu îndeplinirea planurilor anuale din 1949 și 1950.

Tot în urma măsurilor luate în sectorul industriei energiei electrice, producția de energie a crescut în perioada 1948 –1950 cu 41%, deși puterea instalată a crescut numai cu 1,5%. În acest fel a fost posibilă satisfacerea creșterii consumului de energie electrică în industrie și alte ramuri ale producției materiale, cît și creșterea consumului populației. În 1950, industria a consumat de două ori mai multă energie electrică decît în 1938.

Aplicarea liniei generale de industrializare a țării și-a găsit expresia în planul decenal de electrificare, aprobat de Plenara din 26 octombrie 1950 a Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn, și în Directivele celui de-al III-lea Congres al Partidului cu privire la planul de dezvoltare a economiei naționale în perspectivă.

În raportul prezentat la această plenară, tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej a arătat că principalele obiective ale electrificării țării sînt: asigurarea energiei electrice necesare dezvoltării în perspectivă a industriei socialiste, valorificarea rațională a resurselor energetice, electrificarea treptată a principalelor munci agricole, electrificarea treptată a căilor ferate și a transportului orășenesc, ridicarea nivelului cultural și a bunăstării poporului prin utilizarea tot mai largă a energiei electrice în scopuri casnice și cultural-sanitare, dezvoltarea regiunilor lăsate de regimul burghezo-moșieresc în înapoiere economică.

În cadrul planului de 10 ani s-a fixat ca prim obiectiv instalarea și punerea în funcțiune de centrale electrice noi și dezvoltarea unor centrale existente; pentru a satisface nevoile urgente de energie ale noilor industrii și sporurile cerute de cele existente, s-au prevăzut inițial extinderi ale centralelor existente și instalarea a cîtorva unități noi, consumînd gaz metan și în unele cazuri produse petroliere.

Planul lucrărilor de electrificare mai prevedea construirea de linii de transport de energie electrică și de distribuție, precum și realizarea a numeroase stații de transformare pentru furnizarea energiei electrice către consumatori. Prin aceste lucrări urma ca în 1960 consumul de energie electrică să ajungă la 7 000 GWh, de la 2 100 GWh cît era în 1950.

Directivele celui de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn prevăd creșterea în continuare a producției de energie electrică. Pentru anul 1965 este prevăzută o producție de 18 500 GWh, ceea ce înseamnă o cantitate de energie electrică de 17 ori mai mare decît aceea realizată în 1938, respectiv de 2,5 ori mai mare decît în 1960.

Prevederile planului decenal de electrificare a țării și ale Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. referitoare la electrificare au fost astfel corelate cu ansamblul construcției bazei tehnice-materiale a socialismului și cu dezvoltarea acesteia într-un ritm rapid, încît ele asigurau dezvoltarea producției energiei electrice cu un pas înaintea industrializării; aceasta s-a putut realiza prin asigurarea unui ritm corespunzător creșterii producției de energie electrică. Astfel, pentru perioada planului de 6 ani s-a prevăzut ca, față de un ritm mediu anual de dezvoltare a ansamblului industriei de 13%, producția de energie electrică și termică să sporească pînă în 1965 într-un ritm mediu anual de 18%.

Acest ritm rapid de creștere a producției de energie electrică aduce după sine o scădere permanentă a decalajului dintre producția pe cap de locuitor în unele țări capitaliste dezvoltate industrial și R.P.R. Astfel, în timp ce Italia, de exemplu, ne întrecea în 1948 de 5,2 ori, în 1959 ea ne întrecea de 2,7 ori, iar în 1965 ne va întrece de 1,5 ori. Valori similare prezintă comparațiile cu alte state, ținînd seamă de producția de energie electrică pe cap de locuitor și an.

I. Dezvoltarea instalațiilor pentru producerea, transportul și distribuția energiei electrice

Succinta prezentare a situației din trecut arată clar că menținerea ei nu putea să constituie o bază pentru trecerea la industrializarea socialistă a țării, la dezvoltarea unei economii pe măsura cerințelor societății socialiste.

O dată cu aprobarea planului decenal de electrificare a țării, statul democrat-popular a alocat fonduri importante pentru construirea de obiective energetice. Astfel, în etapa 1951 –1963 s-au investit în ramura energiei electrice și termice fonduri în valoare de peste 14 miliarde lei, repartizate în felul indicat mai jos.

Eșalonarea pe ani a investițiilor din ramura energiei electrice și termice

Anul	1951 — 1955	1956 — 1959	1960	1961	1962	1963
Invetiții, mil. lei	4 536	3 257	1 174	1 275	1 746	2 275

Față de totalul fondurilor de investiții alocate întregii industrii, fondurile cheltuite în ramura energetică reprezintă în medie 10,9%, ceea ce arată ponderea deosebită pe care o are această ramură în întreaga dezvoltare industrială a țării. Din fondurile de investiție puse la dispoziția acestei ramuri s-au realizat numeroase obiective importante pentru producerea, transportul și distribuția energiei electrice.

În primii ani ai planului decenal de electrificare, o mare parte a fondurilor alocate au fost utilizate pentru construirea de centrale electrice în scopul satisfacerii creșterilor de consum imediate. Dezvoltarea în continuare a consumului de energie electrică pe tot teritoriul țării a impus orientarea investițiilor în ultimii ani ai planului decenal de electrificare, în paralel cu dezvoltarea instalațiilor de producere a energiei electrice, atît spre realizarea unui puternic sistem energetic național, cît și spre dezvoltarea rețelelor de distribuție a energiei electrice.

Prin această dezvoltare s-a reușit să se asigure alimentarea cu energie electrică în bune condiții a tuturor marilor consumatori industriali, ca și racordarea la sistemul energetic național unic a tuturor marilor orașe ale țării.

Principalele obiective în electrificarea țării le-au constituit centralele termo- și hidroelectrice.

Evoluția puterii instalate în centrale în această perioadă este dată în tabela de mai jos.

Creșterea puterii instalate în centralele electrice

	1938	1950	1960	1963
Puterea instalată (mii kW)	501	740	1 779	2 356
din care :				
în centrale termoelectrice	453	680	1 569	2 029
în centrale hidroelectrice	48	60	210	327

Deși puterea instalată în etapa 1950 —1960 a fost mai mică decît s-a prevăzut, producția de energie realizată în 1960 a fost mai mare cu circa 10% decît prevederile inițiale, realizîndu-se astfel o importantă economie de investiții.

În anii planului decenal de electrificare s-a pus un accent deosebit și pe construcția de centrale hidroelectrice, în vederea valorificării resurselor naturale ale țării. Astfel, în timp ce în 1950 exista o singură centrală hidroelectrică mai importantă (Dobrești), la finele anului 1963 puterea totală instalată în centrale hidroelectrice era de 327 000 kW. Această creștere se datorește în special intrării în funcțiune a centralelor ,,V. I. Lenin"-Bicaz, cu o putere de 210 000 kW, Sadu V, de 15 000 kW, și Moroeni, de 15 000 kW, precum și a primelor centrale de pe rîul Bistrița în aval de Bicaz.

Dintre centralele termoelectrice de bază realizate în anii planului decenal de electrificare, trebuie menționate în primul rînd centralele Paroșeni (150 MW), Borzești (125 MW), Sîngeorgiu (150 MW), Doicești (120 MW).

Caracteristicile acestor centrale reflectă schimbările structurale petrecute în anii planului decenal de electrificare în termoenergetica țării noastre : folosirea rațională a combustibililor, extinderea termoficării, concentrarea puterilor, trecerea la grupuri de puteri unitare din ce în ce mai mari, cu parametri din ce în ce mai ridicați.

În cadrul planului șesenal de dezvoltare a economiei naționale, construcția de centrale termo- și hidroelectrice continuă cu și mai mare amploare ; astfel, în acești ani s-au realizat sau sînt în construcție o serie de noi mari obiective, ca : centrala Brazi (200 MW), centrala Luduș (300 MW), extinderea centralelor Paroșeni și Borzești, centrala Craiova în construcție, centrala București-sud, centrala hidroelectrică de vîrf ,,16 Februarie" de pe Argeș (220 MW), lanțul de centrale hidroelectrice de pe Bistrița în aval de centrala ,,V. I. Lenin"-Bicaz. O parte din acestea din urmă sînt puse în funcțiune și o altă parte sînt în construcție, constituind un exemplu de exploatare completă și complexă a unui rîu.

În cadrul planului de electrificare s-a realizat și dezvoltat, totodată, sistemul energetic național. Pornind de la o serie de centrale electrice mici, care în general alimentau numai consumatorii locali, prin construcția unui mare număr de linii electrice s-au interconectat noile centrale electrice puternice și localitățile mai importante din toate regiunile țării. În acest scop a fost necesar să se realizeze un ritm din ce în ce mai accelerat în construcția liniilor electrice și a stațiilor de transformare.

În tabelele alăturate se indică evoluția în timp a rețelelor de transport și distribuție și a stațiilor de transformare.

Din aceste tabele se poate observa că tensiunea de 110 kV a fost pînă în anul 1961 tensiunea cea mai înaltă din țara noastră. Aceasta se explică prin faptul că într-o primă etapă, condițiile specifice de amplasare relativă a surselor, față de marii consumatori de energie răspîndiți pe tot teritoriul țării, precum și mărimea fluxurilor de energie electrică transportată au permis ca rețelele funcționînd la această tensiune să poată satisface toate necesitățile de transport ale sistemului nostru energetic.

Lungimea totală a liniilor de transport și distribuție, km

Tipul instalației	1938	1950	1960	1963
Linii de 400 kV	—	—	—	206
Linii de 220 kV	—	—	—	332
Linii de 110 kV	127	127	2 815	4 734
Linii de 35—60 kV		484	3 095	3 879
Rețele de distribție de 1—30 kV		3 176	17 003	30 116

Observație. După anul 1950, rețelele nou apărute din categoria 35—60 kV sînt practic toate de 35 kV, datorită limitării construcției rețelelor de 60 kV (tensiune nestandardizată).

Evoluția numărului stațiilor de transformare și a puterii transformatoarelor instalate în ele (număr stații/MVA total)

Tensiunea superioară	1938	1950	1960	1963
220 kV				$\frac{4}{725}$
110 kV	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{47}{1\,915}$	$\frac{97}{3\,685}$
35—60 kV		$\frac{90}{120}$	$\frac{272}{1\,683}$	$\frac{292}{2\,263}$
1—30 kV			$\frac{9\,317}{3\,351}$	$\frac{14\,611}{5\,231}$

Astfel, în cadrul planului decenal de electrificare s-au creat rețele de 110 kV speciale pentru asigurarea energiei electrice Complexului industrial de la Roznov-Săvinești, Combinatului siderurgic Hunedoara, Combinatului Reșița etc.

Pentru consumatorii de mai mică putere s-a folosit tensiunea de 35 kV; în intervalul 1950—1959, instalațiile de 35 kV au avut aceeași evoluție ca și cele de 110 kV. În 1950, liniile de 110 kV erau în lungime de 127 km, iar cele de 35—60 kV de 484 km, pe cînd în 1959 lungimea liniilor de 110 kV a ajuns la 2160 km, iar a celor de 35 kV (inclusiv cele rămase în funcțiune la 60 kV) totaliza 2720 km.

În perioada ultimilor ani, creșterile mari de consum apărute, datorită avîntului economiei naționale în urma Directivelor Congresului al III-lea, au impus în multe cazuri realizarea de la început a rețelelor de 110 kV în locul celor de 35 kV, construindu-se astfel rețele funcționînd la această tensiune atît pentru alimentarea directă a multor consumatori industriali cît și pentru distribuție în cadrul unor așezări urbane mai importante (București, Cluj, Iași etc.).

Aceasta se desprinde și din datele prezentate în tabelele privind evoluția în ultimii ani a lungimii liniilor de înaltă tensiune. Astfel, pe cînd în intervalul 1959—1963, lungimea liniilor de 110 kV a crescut de peste două ori, cea a liniilor de 35 kV a crescut numai cu 32%, în timp ce în intervalul 1950—1959 lungimea rețelelor de 110 kV și de 35 kV a avut practic aceeași evoluție.

Datorită creșterii foarte mari a consumului din ultimul timp a apărut necesară și introducerea tensiunii de 220 kV.

Astfel, în anul 1963 s-a pus în funcțiune la tensiunea de 220 kV linia Bicaz—Sîngeorgiu—Luduș ce interconectează sistemele energetice Moldova și Ardealul central.

De asemenea s-au construit sau sînt în curs de construcție și alte linii de 220 kV pentru alimentarea marilor obiective ale planului șesenal sau a marilor centre de consum. Printre acestea s-a realizat linia de 220 kV Luduș—Hunedoara, pentru a alimenta Combinatul de la Hunedoara, și sînt în curs de construcție liniile Craiova—Slatina, pentru Combinatul de aluminiu de la Slatina, linia Focșani—Galați, pentru Combinatul siderurgic Galați, și altele.

Tot în cursul anului 1963 s-a realizat și linia de 400 kV Luduș — R.S.C., cu funcționarea inițială la 220 kV. Prin această linie, sistemul energetic al țării noastre s-a interconectat cu sistemele energetice ale țărilor socialiste din nord (R.D.G., R.P.P., R.S.C., R.P.U., U.R.S.S.-Ucraina de vest), ceea ce prezintă mari avantaje pentru toți partenerii, datorită ajutorului reciproc ce se poate asigura între diferitele sisteme energetice.

În afară de aceasta, s-au construit și se construiesc linii funcționînd la tensiunea de 110 kV și la tensiuni mai mici pentru racordarea la sistem a noi centre de consum (ca, de exemplu: Tr. Măgurele, Caracal, Tr. Severin, Sighet, Tulcea, Călărași etc.).

Prin construcția acestor instalații de transport al energiei electrice se realizează unul din principalele scopuri ale dezvoltării sistemului energetic, și anume alimentarea cu energie electrică a marilor obiective industriale realizate pe baza Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R.

Dezvoltarea rețelelor de distribuție de tensiune 1—30 kV este strîns legată de dezvoltarea electrificărilor rurale din țara noastră și de sistematizarea și dezvoltarea orașelor. Însăși creșterea lungimilor acestor rețele este elocventă : de la 3 176 km linii în 1950 la 30 116 km linii în 1962.

Această dezvoltare apare și mai evidentă dacă analizăm în paralel și evoluția electrificării satelor, indicată în tabela alăturată.

Evoluția electrificării rurale

Anul	pînă în 1945	1950	1960	1963
Numărul total al satelor electrificate	483	849	3 415	5 529

În această activitate trebuie remarcată totodată creșterea ritmului anual de electrificare a satelor ; în timp ce în etapa 1945—1960 s-au realizat în medie 195 sate/an (cu un ritm mai lent în prima perioadă și mai accelerat în ultima), s-a ajuns ca în 1963 să se electrifice 908 sate, iar în 1964 se prevede introducerea energiei electrice în 1 000 sate.

Directivele Congresului al III-lea trasează ca sarcină pentru planul de 6 ani realizarea electrificării a 4 000 sate. Ținînd seamă că pînă la sfîrșitul anului 1963 au fost electrificate 2 507 sate (64%), ca și de ritmul în care se execută electrificările rurale în prezent, se poate afirma că prevederile planului de 6 ani vor fi depășite.

Pentru lichidarea moștenirii dezastruoase în acest sector, s-au întocmit studii detaliate privind posibilitățile de terminare a electrificării satelor într-o perioadă cît mai scurtă ; calculele au arătat că ,,pătrunderea electricității pînă în cel mai îndepărtat cătun“ este realizabilă mai devreme decît în viitorii zece ani.

Prin creșterea puternică a populației centrelor urbane — mărirea gradului de urbanizare fiind un indice caracteristic pentru industrializarea unei țări — ca și datorită dezvoltării industriilor amplasate în perimetrul orașelor, problema alimentării cu energie electrică a acestor zone a devenit deosebit de acută. Dezvoltarea sistemului energetic național a fost concepută încît să asigure racordarea la sistem prin linii de 110, 35 sau 15 kV a tuturor consumatorilor urbani. Au fost desființate sau reduse la rolul de surse de rezervă vechile centrale electrice locale echipate de obicei cu motoare Diesel, care, pe lîngă faptul că funcționau cu randamente reduse, imobilizau un numeros personal de exploatare. Îmbunătățirea calității furniturii de energie electrică a impus totodată refacerea și amplificarea rețelelor de distribuție urbană. În orașele țării s-au pozat mii de kilometri de rețele de cablu subteran, s-au construit mii de posturi de transformare și s-au racordat sute de mii de noi consumatori. Astfel, în 1963 numărul total al abonaților racordați la rețele de distribuție a energiei electrice era de peste 1 830 000, față de numai 434 000 în 1938.

Dezvoltarea rapidă a economiei naționale în anii regimului democrat-popular și în primul rînd industrializarea socialistă au determinat o creștere accentuată a necesarului și deci a producției de energie electrică, la care s-a putut face față prin realizarea lucrărilor importante arătate mai sus.

Creșterea producției de energie electrică în perioada 1938—1963 prezintă următoarele caracteristici :

	U/M	1938	1948	1950	1959	1960	1961	1962	1963
Energia electrică	GWh	1 130	1 500	2 113	6 824	7 650	8 657	10 087	11 682
din care :									
— termoelectrică	GWh	982	1 370	1 944	6 526	7 253	8 191	9 435	11 145
— hidroelectrică	GWh	148	130	169	298	397	466	652	537
Variația procentuală a producției globale de energie electrică	%	75	100	141	455	510	575	720	780
Producția pe cap de locuitor	kWh/loc.	72,4	94,4	129,5	374,4	415,7	466,2	539,9	621

Din evoluția producției de energie electrică se observă că în 1960, de exemplu, s-a produs de 5,1 ori mai multă energie decît în 1948 și de 6,8 ori mai mult decît în 1938, iar în 1963 producția a fost de 7,8 ori mai mare decît în 1948 și de 10,4 ori mai mare decît în 1938.

Cu realizarea unei producții de 7 650 GWh în 1960 s-au depășit cu 10% prevederile din 1950 ale planului de electrificare.

În ceea ce privește ritmul de creștere a producției de energie electrică, se observă că țara noastră se situează pentru perioada 1950—1960 pe locul al doilea în grupa țărilor socialiste și depășește cu mult ritmul de creștere al țărilor capitaliste dezvoltate.

Din cifrele arătate în tabelă mai rezultă că, deși energia electrică produsă în 1963 de centralele hidroelectrice a crescut aproape de 3,7 ori față de 1938, ponderea acesteia în producția totală a scăzut, deoarece producția centralelor termoelectrice arată o creștere mai rapidă (în aceeași perioadă producția de energie termoelectrică a crescut de 11,3 ori).

O imagine sintetică interesantă poate oferi evoluţia structurii consumului de energie electrică în perioada 1938 – 1963.

Structura consumului de energie electrică

		1938	1950	1959	1960	1961	1962	1963
Total producţie	mil. kWh	1130	2113	6824	7650	8657	10 087	11 682
	%	100	100	100	100	100	100	100
Industrie (inclusiv construcţiile)	mil. kWh	776	1363	4279	4868	5577	6410	7543
	%	68,66	65,1	62,7	63,6	64,4	63,5	64,5
Transporturi	mil. kWh	18	33	83	83	91	98	107
	%	1,6	1,6	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9
Agricultură	mil. kWh	5	16	94	104	123	166	205
	%	0,4	0,8	1,4	1,4	1,4	1,6	1,8
Consum edilitar şi casnic al oraşelor, satelor şi raioanelor rurale	mil. kWh	186	303	1085	1210	1315	1523	655
	%	16,5	14,5	15,8	15,8	15,2	15,2	14,13
Pierderi în reţele şi servicii proprii ale centralelor	mil. kWh	145	378	1257	1357	1512	1857	2168
	%	12,9	17,1	18,9	18,1	17,9	18,7	18,52
Export	mil. kWh	–	20	26	28	39	33	22
	%		0,9	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2

Din aceste date se vede că energia electrică consumată pentru nevoile agriculturii a fost în 1963 de două ori mai mare decît în 1960 şi de 40 ori mai mare decît în 1938.

Consumul edilitar şi casnic al oraşelor, satelor şi raioanelor rurale în care se cuprind utilizările casnice, iluminatul public, iluminatul general şi micii consumatori de forţă, şi care formează un indice important pentru aprecierea ridicării nivelului de trai al populaţiei, marchează de asemenea creşteri importante. Astfel, se observă că în 1963 această categorie de consumatori a absorbit de 4 ori mai multă energie decît în 1950 şi de 8 ori mai multă decît în 1938.

În valori absolute, consumul industrial de energie electrică marchează creşteri importante; reducerea ponderii sale în ansamblul consumului de energie pe ţară (de la 65,1% în 1960 la 64,5% în 1963) se explică prin apariţia unor categorii noi de consumatori, cum ar fi instalaţiile din agricultură, ca şi prin creşterea consumului edilitar şi casnic datorită ridicării nivelului de trai al populaţiei

Consumul de energie electrică pe cap de locuitor a crescut de la 128 kWh/loc.an în 1950 la 621 kWh/loc. an în 1963. Dar cu toate eforturile şi progresele continue care se fac în domeniul electrificării, din cauza nivelului scăzut de la care s-a pornit, consumul de energie pe cap de locuitor va rămîne încă relativ scăzut.

Înzestrarea energetică a muncii a crescut însă în ţara noastră de la 2323 kWh/muncitor industrial în 1950 la 4921 kWh/muncitor în 1960 şi la 6152 kWh/muncitor în 1963. Această creştere considerabilă a înzestrării cu energie electrică a muncii se datoreşte introducerii în măsură din ce în ce mai mare a mecanizării şi automatizării proceselor de producţie.

Pentru anul 1965 se prevede ca înzestrarea cu energie electrică să crească la circa 9250 kWh/muncitor industrial.

Pentru realizarea importantelor lucrări legate de electrificarea ţării, organizaţiile specializate, create în 1949 şi destinate a asigura proiectarea, executarea şi exploatarea instalaţiilor energetice existente sau nou create, au luat o mare dezvoltare.

Astfel, studiile şi proiectele pentru realizarea centralelor termoelectrice şi de termoficare, a liniilor şi staţiilor electrice, ca şi cele privind regimurile de funcţionare a sistemelor energetice sînt asigurate de Institutul de studii şi proiectări energetice (ISPE). Proiectele pentru centralele hidroelectrice, care pînă în 1963 erau executate de un puternic sector din ISPE, sînt în prezent elaborate de un institut specializat în probleme hidroenergetice (ISPH). În cadrul acestui institut există un sector care efectuează studiile de teren (topografie, geologie, hidrografie, încercări de laborator etc.), asigurînd astfel elementele de proiectare necesare. În afara acestor institute centrale de proiectare, întreprinderile regionale de electricitate au cîte un serviciu de proiectare care se ocupă de rezolvarea problemelor legate de specificul fiecărei întreprinderi: canalizări electrice subterane pentru alimentarea a noi abonați, linii electrice de distribuție aeriene și în cablu, stații și posturi de transformare. În ultimii ani, aceste servicii execută proiecte pentru instalații care au tensiunea cea mai înaltă pînă la 110 kV.

Cele două institute centrale de proiectare au astăzi un înalt grad de maturitate tehnică; ele pot rezolva în prezent, la nivelul tehnicii mondiale, toate problemele termo-, electro- și hidroenergetice ale țării. În cadrul lor acționează în prezent peste 3 200 de salariați, din care circa 800 cu studii superioare.

Pentru asigurarea lucrărilor de electrificare funcționează, în cadrul M.M.E.E., două organizații importante: Trustul de construcții și montaje energetice (TCME), care prin întreprinderile sale asigură construcția de termocentrale, linii electrice de transport și distribuție și stații de transformare, și Întreprinderea de construcții hidroenergetice (ICH), destinată a asigura execuția centralelor hidroelectrice și a întregului volum de lucrări conexe. Ambele organizații sînt echipate cu utilaj modern, care permite realizarea unui înalt grad de mecanizare, și dispun de numeroase cadre specializate de muncitori, tehnicieni și ingineri; în acest sector al construcțiilor energetice lucrează în prezent peste 31 000 de salariați. Pentru executarea de elemente prefabricate (stîlpi de beton și de metal, celule prefabricate, diverse subansambluri), care sînt din ce în ce mai utilizate în construcțiile energetice, funcționează în cadrul TCME o întreprindere specializată în producția unor astfel de elemente. Dotarea corespunzătoare a întreprinderilor de execuție a permis introducerea cu succes a unor metode moderne de execuție în vederea ieftinirii lucrărilor și a reducerii timpului de montaj. Astfel s-a trecut la utilizarea cofrajelor pășitoare și glisante la execuția turnurilor de răcire și a coșurilor de fum, elementele cazanelor se preasamblează la sol în blocuri mari tridimensionale pînă la 60 t, s-a introdus defectoscopia nedistructivă (gamagrafie și ultrasunete), tratamente termice ale sudurii țevilor de înaltă presiune etc. Toate aceste metode au condus la creșterea productivității muncii, evidențiată îndeosebi prin scurtarea termenelor de punere în funcțiune a utilajelor. Astfel, în timp ce pentru montajul grupului II de 50 MW de la CTE Paroșeni au fost necesare 14 luni în 1955 –1956, grupul II de aceeași putere de la CET Brazi a fost montat în 1961 –1962 în numai 9 luni, iar grupul II de la Luduș (de 100 MW) în numai 8 luni. Vitezele medii de execuție a liniilor electrice aeriene au crescut de asemenea mult în ultimii ani, atingînd, spre exemplu, la execuția liniilor de 110 kV peste 1 km pe zi.

În vederea unei exploatări cît mai raționale a instalațiilor energetice în funcțiune în prezent, sînt organizate, în fiecare regiune administrativă, întreprinderi regionale de electricitate (IRE); excepție face numai regiunea București, unde, în afară de IRE București, există și o întreprindere de distribuție a energiei electrice în Capitală (IDEB).

Aceste întreprinderi asigură, pe lîngă exploatarea instalațiilor de producere (de interes regional), transport și distribuție a energiei electrice, și deservirea în condiții corespunzătoare a abonaților legați la rețelele publice. În vederea descentralizării activității de proiectare și execuție, lucrările legate de buna deservire a abonaților (branșamente, instalații interioare, amplificări de posturi de transformare, pozări de cabluri în rețeaua de distribuție de medie și joasă tensiune etc.) se proiectează și se execută de unitățile specializate din cadrul întreprinderilor regionale de electricitate.

Exploatarea centralelor de interes republican (Bicaz, Paroșeni, Doicești, Sîngeorgiu etc.) este organizată prin întreprinderi de centrale electrice specializate (ICE).

Pentru ridicarea nivelului tehnic al exploatării, s-a urmărit realizarea unui înalt grad de automatizare în instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice.

În 1962, peste trei sferturi din numărul total de cazane în exploatarea Departamentului energiei electrice, privind 95,5% din debitul total în exploatare, erau dotate cu instalații de automatizare a alimentării cu apă. Automatizarea arderii este introdusă tot în 1962 la peste un sfert din numărul cazanelor, corespunzînd la aproape trei sferturi din debitul total de abur al cazanelor în funcțiune.

Nivelul de automatizare a centralelor hidroelectrice este și mai ridicat. Centralele Moroeni și Sadu V, intrate în funcțiune în 1952, respectiv în 1955, sînt complet automatizate; pornirea și oprirea agregatelor, acționarea vanei de admisie în turbină sînt cîteva din procesele automatizate la aceste centrale. Centrala hidroelectrică ,,V. I. Lenin'' de la Bicaz, în funcțiune din 1961, are automatizarea pornirii și opririi agregatelor, a trecerii de la regimul de funcționare ca generator la regimul de compensator și invers; totodată, instalațiile ei anexe sînt complet automatizate. Centralele hidroelectrice din aval de Bicaz, în execuție, sînt prevăzute de asemenea pentru pornirea și oprirea automată a agregatelor și pentru a fi telecomandate în viitor de la un punct central de dispecer, sau de la alte centrale din apropiere.

În instalațiile de transport și distribuție a energiei electrice s-au introdus de asemenea numeroase automatizări, ca de exemplu: reanclanșarea automată rapidă a liniilor electrice aeriene, anclanșarea automată a rezervelor, utilizarea avertizoarelor electrice automate de formare a chiciurii pe conductoare etc.

În vederea asigurării unor condiții de exploatare și întreținere cît mai bune a întregului echipament electroenergetic, s-au creat întreprinderea ,,Energo-reparații'' și Întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME).

Dezvoltarea mare pe care a luat-o ramura energiei electrice se reflectă și în numărul de cadre de toate categoriile angrenate în opera de electrificare.

În vederea asigurării ramurii energiei electrice cu cadrele necesare de muncitori calificați, s-au organizat diferite forme de învățămînt, și anume: școli profesionale, școli tehnice de personal tehnic, școli tehnice de maiștri etc.

În cadrul acțiunii de electrificare a satelor s-au inițiat cursuri de formare a electricienilor pentru sate, fiecare sat urmînd astfel a fi deservit de cîte un electrician specializat în lucrările curente de întreținere și mici reparații ale rețelei rurale.

Pentru formarea cadrelor tehnice medii și superioare de specialitate, s-au dezvoltat formele de învățămînt existente și s-au înființat școli noi. Astfel, este suficient de arătat că în învățămîntul superior, numărul facultăților de energie electrică și electrotehnică a crescut în intervalul 1950—1963 de la 3 la 5, numărul studenților înscriși crescînd în același interval de la 1757 la 5670.

II. Perspectivele de dezvoltare a ramurii

În raportul prezentat la Congresul al III-lea al Partidului, tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej arată:

„Partidul nostru va continua să acorde electrificării întregii țări un rol de prim rang în programul de dezvoltare a bazei tehnice-materiale necesare desăvîrșirii construcției socialismului și trecerii la comunism".

În cele de mai sus se definește clar rolul electrificării în cadrul economiei naționale și perspectivele mari de dezvoltare pe care le cere această ramură. Astfel, se arată în Directivele congresului, în anul 1965 producția totală de energie electrică a țării urmează a atinge cifra de 18,5 miliarde kWh, ceea ce revine la o creștere medie anuală de 16,9% în perioada 1960—1965.

Se prevede totodată o creștere a producției de energie electrică pe cap de locuitor de la 414 kWh/loc. în 1960 la 860 kWh/loc. în 1965.

Cu toate că ritmul de creștere a producției de energie electrică este deosebit de ridicat și mult mai mare decît al țărilor capitaliste dezvoltate, avansul acestor țări în ceea ce privește consumul net de energie electrică pe cap de locuitor — datorită rămînerii noastre în urmă în vremea burgheziei — deși va fi sensibil redus, se va menține totuși, după cum se poate vedea în tabela alăturată.

Consum net pe cap de locuitor, kWh

	1960	1965
R.P.R.	340	721
Anglia	2 242	3 260
Austria	1 640	2 750
Franța	1 436	2 180
R.F.G.	1 960	2 550
S.U.A.	4 310	6 130

Această rămînere în urmă există și se menține și față de cele mai multe din țările socialiste europene, fapt care arată că trebuie să depunem eforturi susținute în continuare pentru a dezvolta producerea și consumul energiei electrice în țara noastră.

Pentru a se asigura producerea cantităților mari de energie electrică, Directivele Congresului al III-lea prevăd instalarea în centrale în etapa 1960—1965 a unei puteri de 2 380 MW, atît prin amplificarea unor unități existente (Borzești, Paroșeni, Grozăvești etc.), cît și prin realizarea unor obiective noi (Luduș, Craiova, Oradea, Iași etc.). Din totalul puterii instalate în centrale termoelectrice în etapa 1960—1965, peste 50% va fi realizată în grupuri de termoficare; această linie va fi continuată și în perioada de perspectivă 1966—1975.

Concomitent cu realizarea de centrale de termoficare se va continua instalarea de centrale termoelectrice de condensație pură cu unități de mare putere (200—300 MW și mai mult) și cu parametri ridicați ai aburului; pentru unele din aceste obiective, lucrările de studii și proiectare sînt în curs. În același timp se studiază realizarea și a altor tipuri de centrale: cu turbine cu gaze și cu combustibili nucleari.

Mergîndu-se pe linia folosirii resurselor hidroenergetice ale țării, se va continua construirea de centrale hidroelectrice din ce în ce mai mari. Astfel, o dată cu avansarea în realizarea centralei „16 Februarie" de pe rîul Argeș și a întregului lanț de pe rîul Bistrița, de la Bicaz și pînă la Bacău, se va trece și la amenajarea altor centrale hidroelectrice, cum ar fi cele de pe rîurile Lotru, Sebeș sau Olt, care prezintă condiții avantajoase.

În mod similar cu amenajarea integrală a rîului Bistrița se prevede și amenajarea în cascadă a rîului Argeș, prin realizarea în aval de centrala „16 Februarie" a unui lanț de centrale hidroelectrice.

În afară de amenajările pe rîurile interioare, se va realiza în etapa pînă în anul 1970—1971 amenajarea de la Porțile de Fier. Șantierul acestei mari lucrări s-a deschis în cursul acestui an.

Prin puterea totală instalată de circa 2 000 000 kW, prin efectul de regularizare asupra navigației, ca și prin ansamblul lucrărilor de hidroameliorații care se vor executa cu ocazia amenajărilor de la Porțile de Fier, centrala de pe Dunăre va fi una dintre cele mai importante și complexe amenajări hidroelectrice din Europa.

Continuîndu-se linia de valorificare a resurselor hidroenergetice și de colaborare internațională, se studiază în prezent, împreună cu proiectanții bulgari, realizarea în comun a unei centrale hidroelectrice pe Dunăre, la Islaz.

În vederea asigurării marilor cantități de energie necesare consumatorilor, se va dezvolta corespunzător și sistemul energetic național. Astfel, Directivele Congresului al III-lea prevăd construirea pînă în anul 1965 a 23 000 km linii de transport, din care 2 500 km linii de 110 kV (sarcină realizată din anul 1963) și peste 20 000 km linii de 6, 15 și 35 kV. În etapa de după 1965 vor trebui construite în primul rînd o serie de magistrale de înaltă tensiune (220 și 400 kV), care vor crea noul schelet al sistemului energetic național în viitor. Astfel, se prevede realizarea unor artere de 400 kV (cu funcționare inițială la 220 kV) pe traseele Luduș — Slatina etc., precum și a unor artere de 220 kV (Craiova—Slatina, Borzești — Galați etc.), destinate a asigura atît alimentarea marilor centre urbane și industriale din sistem cît și evacuarea puterii din marile centrale.

O dată cu marile creșteri de consum se va schimba și structura calitativă a sistemului nostru energetic: pentru transportul energiei se vor utiliza numai tensiunile de 220 și 400 kV, în timp ce liniile de 110 kV vor deveni rețele de distribuție.

O dezvoltare corespunzătoare o vor avea și rețelele cu tensiuni mai mici de 110 kV pentru electrificări urbane și alimentarea micilor consumatori.

Un alt obiectiv deosebit de important care urmează a fi realizat în viitor este dezvoltarea extensivă și intensivă a electrificării în mediul rural. Astfel se prevede ca pînă la sfîrșitul anului 1965 peste 7 500 sate să fie electrificate, punîndu-se totodată un accent deosebit pe utilizarea intensă a energiei electrice în mediul rural. Se urmărește introducerea pe scară largă a mecanizării și electrificării în toate domeniile de activitate din sectorul agricol, tinzîndu-se la o creștere continuă a consumului de energie electrică în acest sector de la an la an.

Îndeplinirea și depășirea sarcinilor trasate prin planul decenal de electrificare a țării, ca și realizările obținute în primii patru ani ai șesenalului sînt o chezășie a faptului că energeticienii din țara noastră vor depune și în continuare toate eforturile pentru transpunerea în viață a indicațiilor partidului privind electrificarea țării, dîndu-și în acest fel contribuția la opera de desăvîrșire a construcției socialismului în țara noastră.

Dezvoltarea hidroenergeticii

Ing. **O. Groza** şi Conf. ing. **A. Cogălniceanu**
director al Institutului de studii şi proiectări hidroenergetice
inginer specialist în ISPH

Situaţia hidroenergeticii în Romînia la începutul planului de electrificare (1950)

La eliberarea ţării noastre, hidroenergetica era într-un stadiu foarte înapoiat. Situaţia grea moştenită de la regimul burghezo-moşieresc, în toate sectoarele economiei naţionale, s-a manifestat şi în domeniul energeticii în general, dar în special în domeniul hidroenergeticii.

Resursele hidroenergetice ale ţării erau evaluate global şi aproximativ, din cauza lipsei de date hidrologice şi topometrice. Staţiunile hidrologice erau reduse ca număr şi la majoritatea lor se înregistrau numai nivele, fără a se efectua şi măsurători de debite. Numai pe anumite cursuri de apă interioare şi pe Dunăre, în sectorul Porţilor de Fier, existau unele proiecte şi studii de amenajare de centrale hidroelectrice.

Utilizarea potenţialului hidroenergetic al ţării era cu totul sporadică. Puterea totală instalată în centrale hidroelectrice era în 1950 de numai circa 50 MW. Caracteristicile centralelor hidroelectrice mai mari de 1 MW, existente în 1950, sînt date în tabela 1.

Din aceste date reiese că majoritatea amenajărilor existente erau învechite şi de putere redusă, datînd dinainte de primul război mondial. Cea mai importantă centrală hidroelectrică era cea de la Dobreşti, proiectată şi executată în cea mai mare parte de firme străine. Aici erau instalate cele mai mari turbine hidraulice din ţară, cu o putere de 4 MW. În ţară nu exista nici un institut sau întreprindere care să se fi preocupat în mod organizat de studierea resurselor hidroenergetice şi de proiectarea şi executarea centralelor hidroelectrice.

Tabela 1

Nr. crt.	Denumirea	Cursul de apă	Anul intrării în funcţiune	Căderea, m	Volumul util al lacului, 10^6 m^3	Puterea instalată, MW	Producţia de energie electrică, GWh/an
1	Dobreşti	Ialomiţa	1930	304	0,4	16,1	55
2	Gozna	Bîrzava	1904	231,5	1,0	5,58	30
3	Mărul	Bistra Mărului	1936	94	—	3,90	17
4	Someşul Rece	Someşul Rece	1906	57,5	0,04	2,00	6,0
5	Sadu II	Sadu	1907	66	0,18	1,76	8,5
6	Sadu-Gorj	Sadu-Jiu	1938	100	0,015	1,50	4,5
7	Steaua Roşie	Bistriţa	1913	5,4	—	1,42	7,0
8	Timişoara	Bega	1910	5,6	—	1,28	5,8
9	Vulcan	Bîrsa	1912	26,6	—	1,18	4,4
10	Tg. Mureş	Mureş	1914	5,0	—	1,02	2,0
11	Sinaia	Prahova	1900	20,6	—	1,00	4,4

Tabela 2

Nr. crt.	Denumirea barajului	Cursul de apă	Anul construcţiei	Tip*	Înălţimea maximă, m	Lungimea la coronament, m	Volumul barajului, m^3 beton
1	Sadu II	Sadu	1905	G	15	78	3 500
2	Risca Mică	Someşul Rece	1908	G	26	130	12 000
3	Văliug	Bîrzava	1909	G	27	90	15 700
4	Scropoasa	Ialomiţa	1930	G	27	6	3 000
5	Sadu-Gorj	Sadu-Jiu	1942	An	17	120	15 000

* G — baraj de beton de greutate; An — baraj de anrocamente.

Barajele existente în ţară la acea dată erau puţine şi de înălţime redusă. (Datele caracteristice ale principalelor baraje sînt date în tabela 2).

Celelalte construcţii hidrotehnice erau, de asemenea, într-un stadiu foarte înapoiat.

Din această cauză nu exista experienţă în proiectarea şi construirea amenajărilor hidroenergetice, iar numărul specialiştilor în acest domeniu era extrem de redus.

Dezvoltarea hidroenergeticii după eliberarea ţării

Acţiunea de studiere sistematică şi valorificare a resurselor hidroenergetice ale ţării noastre a început după eliberarea de sub jugul fascist. Pentru traducerea în viaţă a obiectivelor planului de electrificare s-a creat şi s-a extins continuu baza tehnică-materială necesară. Au fost create organizaţii speciale de proiectare, studii de teren şi cercetări de laborator, întreprinderi pentru construcții hidroenergetice, dotate cu utilaje și aparatură modernă, pentru a-și putea desfășura activitatea la un înalt nivel tehnic și științific. Numărul muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor proiectanți și constructori a crescut continuu, iar realizarea diferitelor centrale hidroelectrice a îmbogățit experiența lor, arătînd capacitatea hidrotehnicienilor romîni de a proiecta și executa la un nivel tehnic ridicat lucrări de amploare mereu mai mare.

În ultimii ani, activitatea de studii, proiectare și construcții hidroenergetice luînd o amploare din ce în ce mai mare, a fost necesară perfecționarea treptată a acestei activități. În 1963 a luat ființă Institutul de studii și proiectări hidroenergetice (ISPH) prin contopirea sectoarelor de proiectare de amenajări hidroenergetice din cadrul Institutului de studii și proiectări energetice (ISPE) și a Întreprinderii de cercetări și studii pentru lucrări energetice (ICSE), care are sarcina principală de a elabora studiile de teren, cercetările de laborator și proiectele pentru centralele hidroelectrice care se construiesc în prezent și care se vor construi în perspectivă.

În urma activității de studii și proiectare din 1949 și pînă în prezent, s-au elaborat proiectele centralelor hidroelectrice construite în perioada de după eliberare și studiile pentru inventarierea resurselor hidroenergetice ale țării.

Tabela 3

Bazinul	Lungimea cursurilor de apă din bazin, km	Potențialul specific teoretic liniar la debitul mediu		Potențialul teoretic liniar la debit mediu, GWh/an	Potențialul tehnic amenajabil	
		mediu, kW/km	maxim, kW/km		GWh/an	% din potențialul teoretic
Tisa (cota R.P.R.)	1 010	301	2 660	2 670	1 075	40,0
Someș	1 930	260	3 100	4 370	1 532	35,1
Crișuri	1 026	215	660	1 920	888	46,5
Mureș	2 593	400	2 570	9 010	4 410	49,0
Timiș, Bega, Bîrzava	951	210	1 300	1 790	847	47,0
Caraș, Nera, Cerna	1 013	295	1 430	2 620	1 072	41,0
Jiu	813	475	2 000	3 410	1 193	35,1
Olt	3 346	290	6 610	8 500	4 810	56,7
Argeș	1 075	335	1 130	3 150	1 456	46,2
Ialomița	1 230	210	2 200	2 270	735	32,4
Siret	5 060	265	2 650	11 630	5 312	45,7
Prut (cota R.P.R.)	1 394	43	430	520	68	13,0
Total rîuri interioare	21 440	280	6 610	51 860	23 398	45,0
Dunăre (cota R.P.R.)	1 072	1 360	27 000	18 350	13 015	71,0
Total R.P.R. (rotund)	22 500	—	—	70 000	36 400	52,0

Resursele hidroenergetice ale țării

Una din sarcinile importante trasate prin planul de electrificare a țării a constat în inventarierea potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă.

În acest scop, în perioada 1950–1960 s-a efectuat o serie de lucrări sistematice, constînd în înființarea a sute de stațiuni hidrometrice pentru cunoașterea regimului debitelor și nivelmente și profile în lung pe circa 20 000 km de rîuri.

Pentru cunoașterea condițiilor de amenajare, s-au executat cercetări complexe și studii amănunțite de teren, geologice și geotehnice. Ca rezultat al acestor lucrări ample și sistematice, s-au putut determina resursele hidroenergetice ale țării. Potențialul teoretic liniar al cursurilor de apă (inclusiv cota țării noastre din potențialul Dunării) este de aproximativ 70 miliarde kWh într-un an mediu.

Pentru determinarea potențialului tehnic amenajabil al R.P.R., s-au alcătuit scheme de amenajare pentru toate cursurile de apă mai importante, cu un potențial liniar unitar mai mare de 300 kW/km. La elaborarea schemelor de amenajare s-a ținut seamă de condițiile naturale locale, executîndu-se ridicări topografice și cercetări geologice. Pentru fiecare centrală hidroelectrică s-au stabilit orientativ parametrii energetici, volumele de lucrări și indicii tehnico-economici. La elaborarea schemelor de amenajare s-a urmărit realizarea de lacuri de acumulare importante, în vederea folosirii complexe a apei.

În colaborare cu celelalte țări socialiste riverane Dunării (U.R.S.S. și R.P.B.), s-au studiat posibilitățile de amenajare a Dunării inferioare, aval de Porțile de Fier, punîndu-se în evidență posibilitățile de realizare a unor centrale în zonele Islaz–Somovit, Cernavodă și Tulcea–Ismail.

În urma tuturor acestor studii, a rezultat că potențialul hidroenergetic tehnic amenajabil al cursurilor de apă din R.P.R. este de circa 36 miliarde kWh, adică 52% din potențialul teoretic liniar. Repartizarea pe bazine hidrografice principale a potențialului teoretic liniar și tehnic amenajabil este dată în tabela 3.

Studiile efectuate asupra potențialului tehnic amenajabil au arătat că pe cursurile de apă din R.P.R. se pot amenaja trei tipuri de amenajări hidroenergetice :

— *centrale cu specific de vîrf*, avînd durate de utilizare a puterii instalate sub 3 000 h/an, dispunînd de lacuri de acumulare importante, care se pot amenaja în zonele de munte, pe cursurile superioare ale rîurilor ; producția de energie a acestor centrale totalizează circa 12 miliarde kWh într-un an mediu ;

— *centralele de semivîrf și bază*, cu durate de utilizare a puterii instalate mai mari de 3 000 h/an, care se pot realiza îndeosebi pe cursurile mijlocii și inferioare ale rîurilor interioare ; producția lor de energie se cifrează la circa 12 miliarde kWh/an ;

— *centrale fluviale*, care se pot amenaja pe Dunăre, totalizînd de asemenea o producție de energie electrică de circa 12 miliarde kWh/an (cota aferentă R.P.R.).

Studiile de inventariere a resurselor hidroenergetice ale țării au pus în evidență posibilități de amenajare economică a unor centrale de vîrf pe rîurile Bistrița, Ialomița, Argeș, Lotru, Sebeș, Someș, Rîul Mare-Retezat ș.a., cu căderi pînă la 800 m și cu puteri cuprinse între 150 și 500 MW.

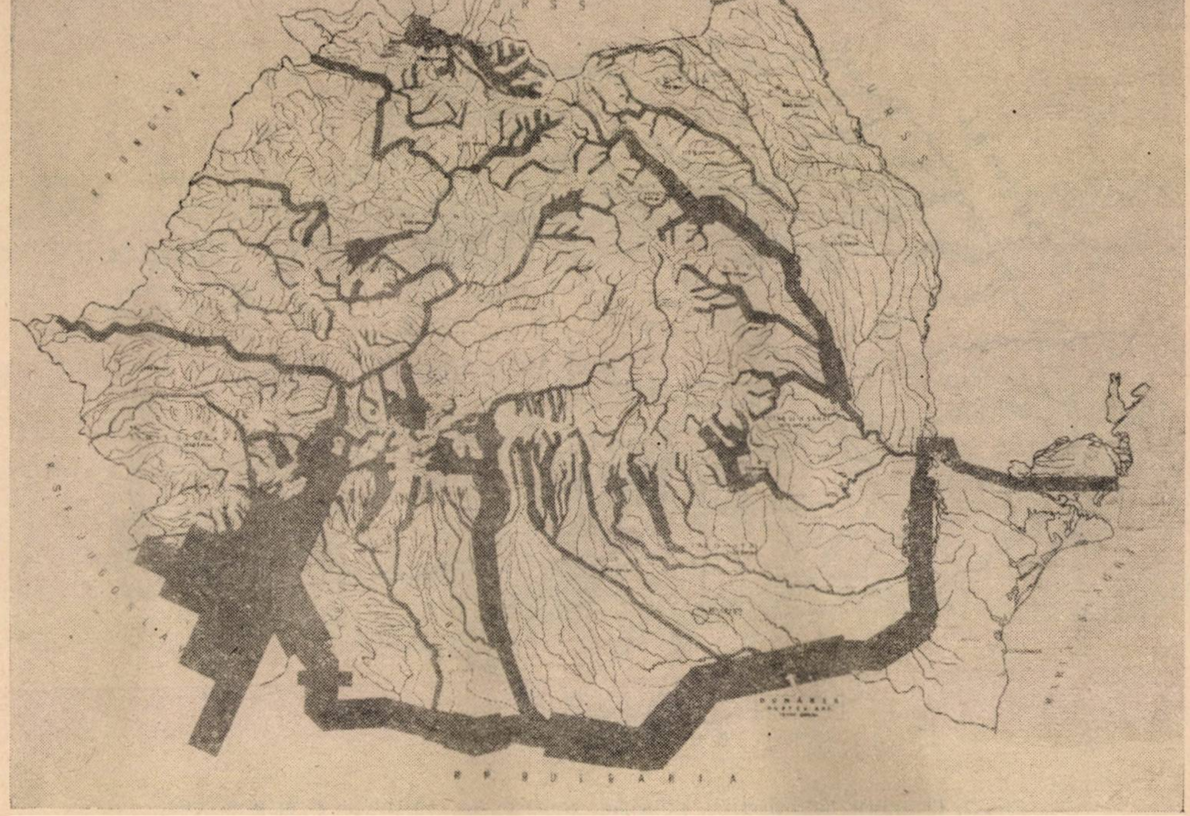


Fig. 1. Reprezentarea sinoptică a potențialului teoretic liniar.

Pe cursurile mijlocii și inferioare ale rîurilor Bistrița, Olt, Siret ș.a. a rezultat că este economică și rațională amenajarea unor cascade de centrale de cădere mijlocie și mică, care beneficiază de debitele regularizate ale rîurilor în lacurile de acumulare din amonte.

Pe Dunăre se elaborează studii și proiecte pentru amenajarea centralei hidroelectrice Porțile de Fier, în colaborare cu specialiștii iugoslavi, și pentru centrala Islaz—Somovit, în colaborare cu specialiștii bulgari.

În paralel cu studiile efectuate pentru cunoașterea resurselor hidroenergetice ale țării, s-au proiectat și realizat o serie de centrale hidroelectrice.

Construirea de centrale hidroelectrice

În primii ani ai planului de electrificare (1950—1955) s-a proiectat și s-a pus succesiv în funcțiune o serie de centrale, la nivelul celei mai mari amenajări existente în țară (centrala

Dobreşti, de 16 MW), şi anume centralele hidroelectrice Crăinicel (8,7 MW), Moroeni (16 MW) şi Sadu V (16 MW). În perioada 1955 — —1960, accentul s-a pus pe execuţia centralei hidroelectrice „V. I. Lenin"-Bicaz, care, prin puterea sa de 210 MW, reprezenta cea mai importantă lucrare a planului de electrificare.

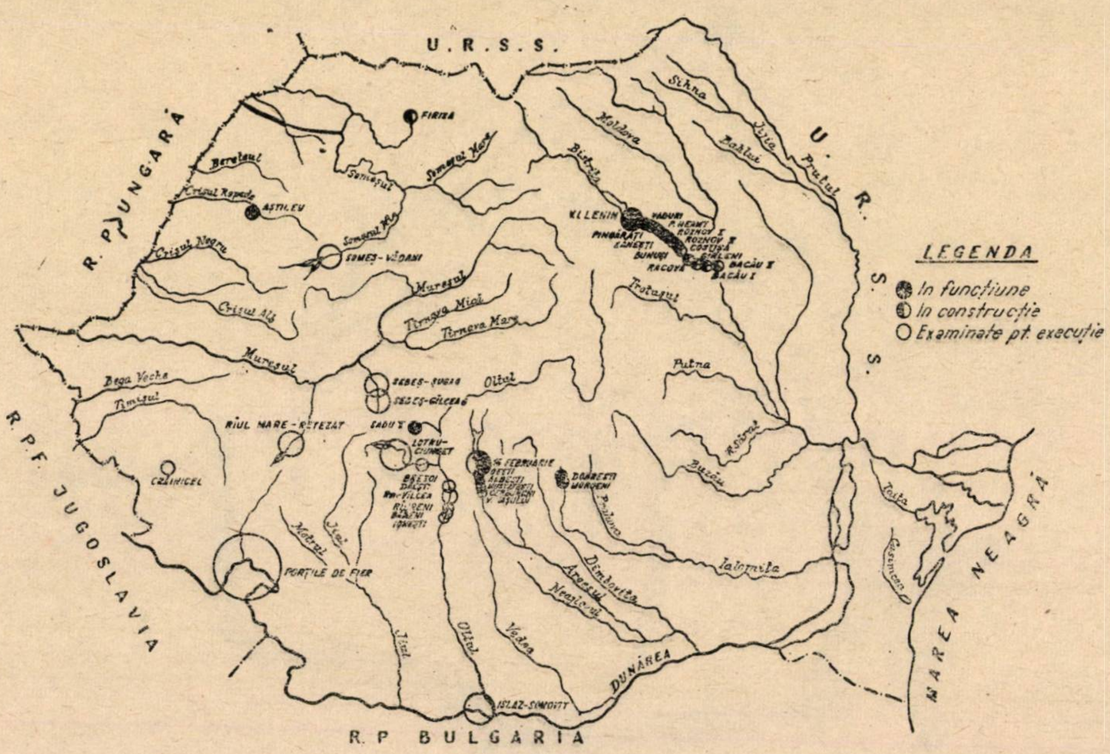

U.R.S.S.
R. P. UNGARĂ
R.P.F. JUGOSLAVIA
R.P BULGARIA
U.R.S.S.
MAREA NEAGRĂ
LEGENDA
● In funcţiune
◐ In construcţie
○ Examinate pt. execuţie
FIRIZA
ASTILEU
SOMEŞ-VĂDANI
RÎUL MARE-RETEZAT
CRĂINICEL
SEBEŞ-ŞUGAG
SEBEŞ-GÎLCEAG
SADU V
LOTRU-CIUNGET
BREZOI
DĂEŞTI
RM-VÎLCEA
RÎUREENI
BĂBENI
IONEŞTI
16 FEBRUARIE
OEŞTI
ALBEŞTI
CURTEA DE ARGEŞ
V. ARGEŞULUI
DOBREŞTI
MOROENI
PORŢILE DE FIER
ISLAZ-SOMOVIT
V.I. LENIN
VADURI
P. NEAMŢ
ROZNOV I
ROZNOV II
COSTIŞA
PÎNGĂRAŢI
ZĂNEŞTI
BUHUŞI
RACOVA
GÎRLENI
BACĂU II
BACĂU I
Bereteul
Crişul Repede
Crişul Negru
Crişul Alb
Someşul
Someşul Mare
Someşul Mic
Mureşul
Tîrnava Mică
Tîrnava Mare
Bega Veche
Timişul
Oltul
Motrul
Jiul
Vedea
Argeşul
Neajlovul
Dîmboviţa
Prahova
Ialomiţa
Buzăul
R. Sărat
Putna
Trotuşul
Bistriţa
Moldova
Siretul
Sihna
Jijia
Bahlui
Prutul
Taiţa
Casimcea
DUNĂREA

Fig. 2. Centralele hidroelectrice principale realizate, în construcţie şi în proiectare.

După terminarea acestei amenajări, au început lucrările la centrala hidroelectrică „16 Februarie"-Argeş, de 220 MW, şi s-au continuat lucrările de amenajare a Bistriţei, prin construirea unei cascade de 12 centrale de cădere redusă pe cursul inferior al acestui rîu, care beneficiază de regularizarea debitelor în marele lac de acumulare al centralei „V. I. Lenin". În paralel cu aceasta s-au executat lucrările de extindere a puterii instalate a centralei Sadu V cu încă un grup.

Valorile caracteristice ale principalelor amenajări realizate sau în curs de execuţie sînt date în tabela 4.

CHE Crăinicel a fost realizată pe rîul Bîrzava pentru satisfacerea nevoilor de energie electrică şi de apă industrială ale Reşiţei. În acest scop, pe rîul Bîrzava s-a realizat barajul de anrocamente Gozna, care creează un lac cu un volum util de 10,2 milioane m^3. Pentru completarea stocului de apă al Bîrzavei s-au realizat derivări de apă din bazinul Nera şi Timiş (Semenic). Utilizarea maximă a potenţialului hidroenergetic disponibil s-a realizat prin amenajarea a trei căderi:

— căderea de 77 m, realizată de barajul Gozna de pe Bîrzava şi de o derivaţie formată de o conductă metalică cu diametrul de 1,5 m şi lungimea de 2,178 km, care alimentează două turbine Francis de 1 450 kW fiecare;

— căderea de 475 m, realizată de colectorul Semenic;

— căderea de 345 m dată de colectorul Gozna.

Pentru utilizarea căderilor Semenic şi Gozna s-a adoptat o soluţie originală, realizîndu-se o singură turbină Pelton cu două rotoare diferite, din care unul pentru căderea Semenic, cu un injector, iar al doilea pentru căderea Gozna, cu două injectoare. În total, pe lîngă cele două turbine Francis sînt instalate două turbine Pelton, care, la funcţionarea în paralel, dau cîte 2 900 kW fiecare.

CHE Moroeni a fost amenajată pe cursul superior al rîului Ialomiţa, în aval de centrala existentă Dobreşti, pe un sector de rîu cu un potenţial specific de circa 1 600 kW/km. Schema centralei Moroeni constă într-o captare pe firul apei, care realizează un bazin de compensare orară de circa 30 000 m^3, urmată de o galerie de derivaţie sub presiune cu lungimea de 4,763 km şi diametrul interior de 2 m, o conductă forţată şi o centrală aeriană. Căderea la centrală este de 233,2 m.

În afară de debitele Ialomiței mai sînt utilizate și debitele a doi afluenți, Raciu și Răteiu, care sînt captați și introduși în galeria de derivație.

Tabela 4

Nr. crt.	Denumirea	Cursul de apă	Anul de punere în funcțiune	Debitul mediu captat, m³/s: total	Debitul mediu captat, m³/s: din care captări secundare	Căderea brută maximă, m	Volumul lacului de acumulare, mil. m³: total	Volumul lacului de acumulare, mil. m³: util	Puterea instalată, MW	Producția medie de energie, GWh/an
1	Crăinicel	Bîrzava	1952	2,8	1,3	77 475 345	11,0	10,2	8,7	
2	Moroeni	Ialomița	1953	4,1	0,6	233,2	0,04	0,03	15,0	55
3	Sadu V	Sadu	1955	2,2	0,6	396,0	5,8	4,6	22,5	60
4	V. I. Lenin	Bistrița	1960	50,7	—	146,0	—	930,0	210,0	490
5	Pîngărați	Bistrița	1964	60,4	—	14,4	6,0	3,0	22,4	60
6	Vaduri	Bistrița	în construcție	60,4	—	26,0	4,8	1,0	44,0	110
7	Piatra-Neamț	Bistrița	în construcție	61,4	—	15,5	10,0	3,0	11,0	60
8	Roznov I	Bistrița	1962	57,4	—	21,0	0,3	0,3	14,0	77
9	Roznov II	Bistrița	1963	57,4	—	21,0	—	—	14,0	77
10	Zănești	Bistrița	în construcție	61,4	—	20,2	—	—	14,0	82
11	Costișa	Bistrița	în construcție	61,4	—	20,2	—	—	14,0	82
12	Buhuși	Bistrița	în construcție	61,4	—	15,8	—	—	11,6	63
13	Racova	Bistrița	în construcție	66,0	—	14,7	11,0	3,6	23,6	68
14	Gîrleni	Bistrița	în construcție	66,0	—	14,7	6,0	1,2	23,6	72
15	Bacău I	Bistrița	în construcție	66,6	—	15,8	9,3	1,2	23,6	76
16	Bacău II	Bistrița	în construcție	66,6	—	20,5	5,0	1,6	31,0	92
17	16 Februarie	Argeș	în construcție	19,6	12,1	300	465,0	320	220	400

Centrala este echipată cu două turbine Pelton cu ax orizontal, prevăzute cu cîte două rotoare și două injectoare și avînd fiecare puterea de circa 8 MW.

CHE Sadu V a fost construită pe rîul Sadu, pe care s-a realizat o acumulare cu un volum util de 4,6 milioane m³, cu un baraj de beton în arc, înalt de 62 m. Galeria de aducțiune, în lungime de 5 400 m, are diametrul de 1,80 m, care permite utilizarea unei căderi brute maxime de 396 m. Pentru creșterea debitelor utilizate, s-a realizat o serie de captări secundare. Centrala este echipată cu două agregate Pelton de 7,7 MW fiecare și un agregat Francis de 10 MW.

CHE „V. I. Lenin"-Bicaz a fost construită pe cursul mijlociu al rîului Bistrița. Căderea brută maximă de 149 m a uzinei este realizată printr-un baraj (94 m) și printr-o derivație sub presiune (55 m).

Barajul, avînd înălțimea constructivă maximă de 127 m, a necesitat punerea în operă a 1 625 000 m³ beton. Lacul de acumulare creat are un volum total de 1 230 milioane m³ și un volum util de 930 milioane m³.

Cursul rîului între baraj și centrală, în lungime de 15 km, formează o buclă tăiată printr-o galerie sub presiune de 4 800 m lungime și cu diametrul interior de 7,0 m. Centrala este echipată cu patru agregate de cîte 27,5 MW și două de cîte 50 MW.

Pe lîngă folosința energetică, această amenajare este prevăzută și pentru satisfacerea nevoilor de apă ale altor ramuri ale economiei naționale, și anume alimentarea cu apă, irigații, precum și pentru atenuarea viiturilor.

Realizarea marelui lac de acumulare al centralei „V. I. Lenin"-Bicaz a creat condiții favorabile pentru *amenajarea rîului Bistrița în aval, pe o lungime de 84 km*, pînă la Bacău, prin construcția a 12 centrale hidroelectrice, care totalizează o putere de circa 250 MW și o producție de energie electrică de circa 900 milioane kWh în anul hidrologic mediu. Din cele 12 centrale, șase sînt în funcțiune sau vor intra în funcțiune în cursul acestui an (Roznov I, Roznov II, Pîngărați, Piatra-Neamț, Zănești, Costișa), iar celelalte șase în 1965 și 1966.

Cascada de 12 centrale cuprinde șapte lacuri de acumulare cu volume utile cuprinse între 5 și 11 milioane m³, ceea ce a permis ca șase dintre centrale să fie amenajate ca centrale de vîrf.

Din cascada de 12 centrale, două sînt de tipul baraj, iar zece sînt prevăzute cu canale în lungime totală de 66 km.

CHE „16 Februarie" este în curs de execuție pe rîul Argeș. Debitul mediu captat este format din debitul Argeșului (7,5 m³/s) și din

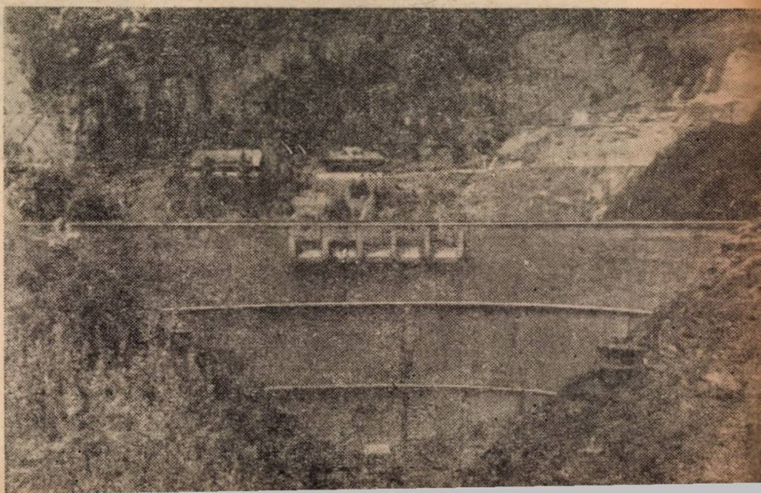


Fig. 3. Barajul de beton în arc al centralei Sadu V.

debitele derivate (12,2 m^3/s) din bazinele învecinate (Topolog, Vîlsan, Cernat şi Rîul Doamnei), obţinîndu-se un debit total utilizat de 19,7 m^3/s.

m^3. Lacul de acumulare creat are un volum total de 465 milioane m^3 şi un volum util de 320 milioane m^3. Galeria de aducţiune are lungimea de 2 130 m şi diametrul de 5,15 m.

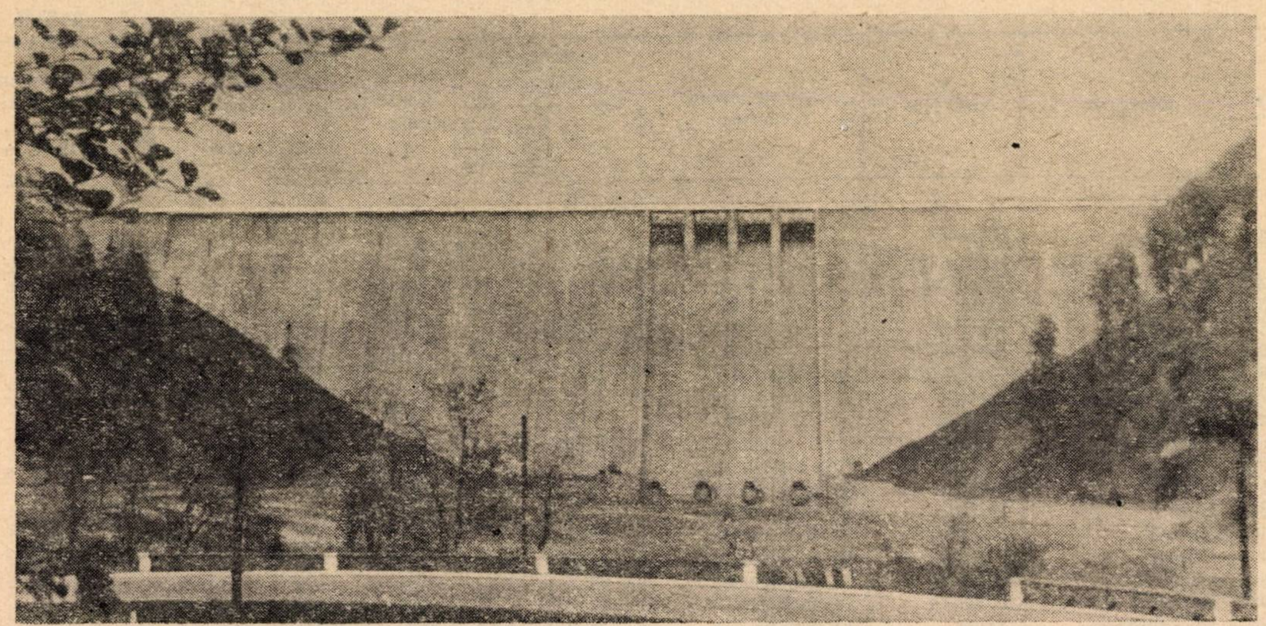


Fig. 4. Barajul de beton al centralei „V. I. Lenin"- Bicaz.

Schema acestei amenajări, în prezent în construcţie, cuprinde un baraj de beton în arc, înalt de 165 m şi cu un volum de beton de 500 000

Centrala este amplasată subteran şi este echipată cu patru agregate de 56,5 MW fiecare. Din centrală, apa este evacuată printr-o galerie

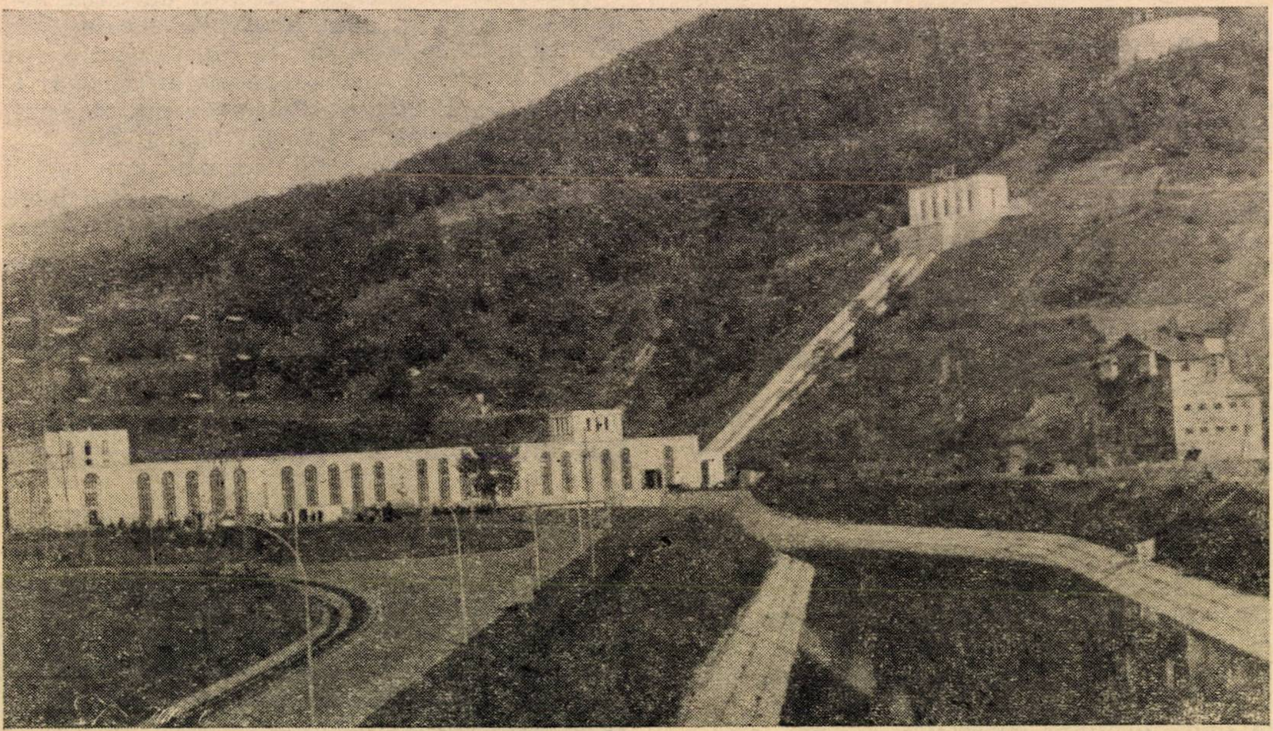


Fig. 5. Centrala hidroelectrică „V. I. Lenin"-Bicaz (210 MW).

de fugă în lungime totală de 11,9 km, de secțiune circulară, cu diametrul de 5,15 m. Pentru captarea apelor din rîurile vecine se execută tunele în lungime totală de circa 28 km.

Această amenajare are un caracter complex, folosind și la alimentarea cu apă a orașului București, atenuarea viiturilor Argeșului și asigurarea extinderii irigațiilor în bazinul Argeș pe o suprafață de circa 100 000 ha.

Pe lîngă aceste amenajări hidroenergetice mai importante, în anii regimului de democrație populară s-au realizat și alte centrale hidroelectrice mai puțin însemnate, ca Aștileu (2,4 MW), Firiza (4 MW). Această ultimă centrală, dispunînd de un însemnat lac de acumulare, s-a realizat în special pentru alimentarea cu apă a industriilor și orașului Baia Mare.

Printre construcțiile hidrotehnice realizate în această perioadă pentru alimentarea cu apă industrială și potabilă, se menționează barajele Belci (pe rîul Tazlău, pentru alimentarea cu apă a combinatelor de la Borzești), Secul (pe rîul Bîrzava, pentru Reșița), Cinciș (pe rîul Cerna, pentru Hunedoara), Craiova (pe Jiu, pentru Craiova) ș.a.

Trăsăturile caracteristice principale ale dezvoltării hidroenergeticii în R.P.R.

Amenajările hidroenergetice realizate pînă în prezent au avut un rol însemnat în acoperirea nevoilor de putere și energie electrică ale consumatorilor (tabela 5).

Se constată că după 1950 ponderea puterii instalate în CHE a crescut continuu, ajungînd în 1962 la 14,7% din puterea totală instalată în centrale electrice. Producția de energie hidroelectrică nu a crescut în aceeași proporție, datorită construirii în această perioadă în special de CHE cu specific de vîrf, după cum rezultă și din scăderea continuă a duratei de utilizare a puterii instalate a CHE.

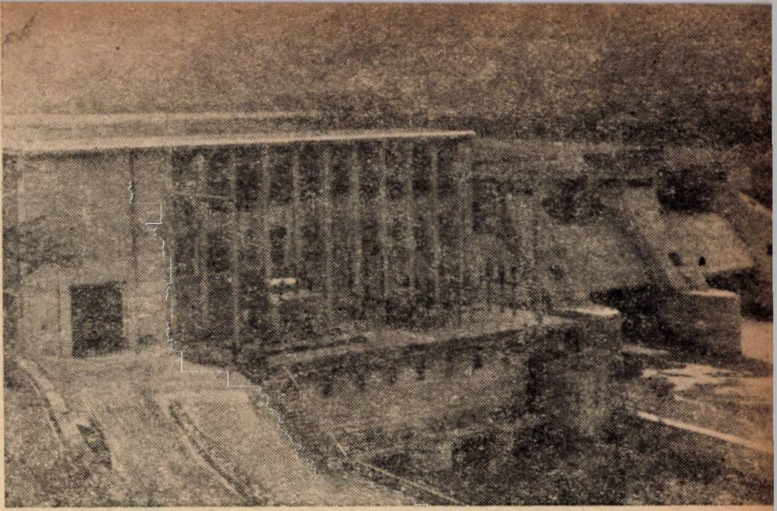


Fig. 6. Centrala hidroelectrică Pîngărați (22 MW).

Datorită posibilităților de funcționare cu randamente ridicate la variații de sarcină mari și rapide, siguranței mari în exploatare în condițiile opririi și pornirii repetate, centralele hidroelectrice, și în special amenajările cu lacuri de acumulare și căderi mari, sînt cele mai indicate pentru acoperirea zonei variabile a graficelor de sarcină, precum și pentru asigurarea unei părți a rezervei sistemului energetic (rezerva pentru reglarea frecvenței și rezerva de avarie).

În condițiile țării noastre a rezultat că soluția optimă din punct de vedere tehnic și economic de acoperire a zonei de vîrf a curbelor de sarcină constă în construirea de CHE. Din această cauză, în perioada de după 1950 s-a pus accent pe construirea de CHE de vîrf, dispunînd de acumulări proprii.

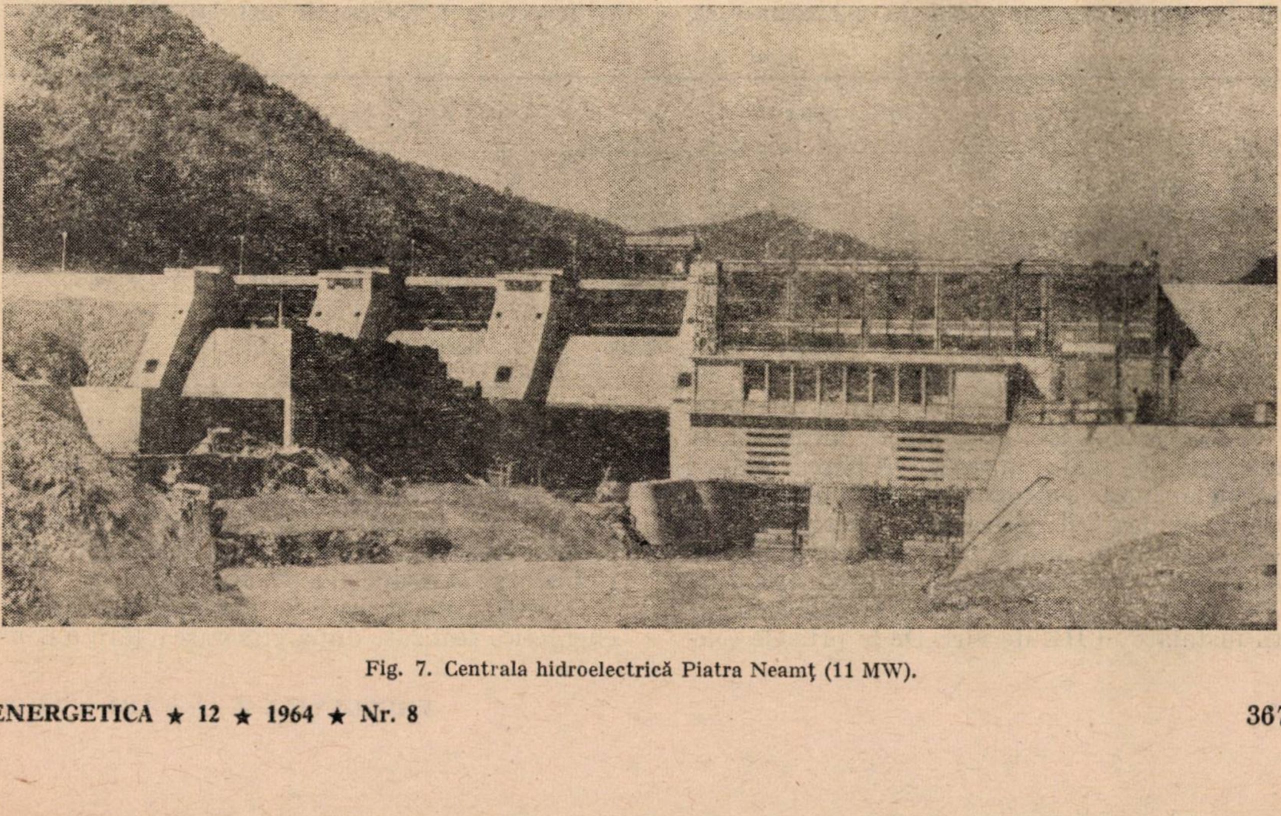


Fig. 7. Centrala hidroelectrică Piatra Neamț (11 MW).

O dată cu intrarea în funcțiune a CHE în prezent în construcție („16 Februarie”-Argeș, centralele de pe Bistrița ș.a.), participarea centralelor hidroelectrice la acoperirea nevoilor de putere și energie electrică ale consumatorilor va crește și mai mult, puterea lor instalată crescînd la circa 800 MW, iar producția de energie electrică în anul mediu – la 2 150 milioane kWh.

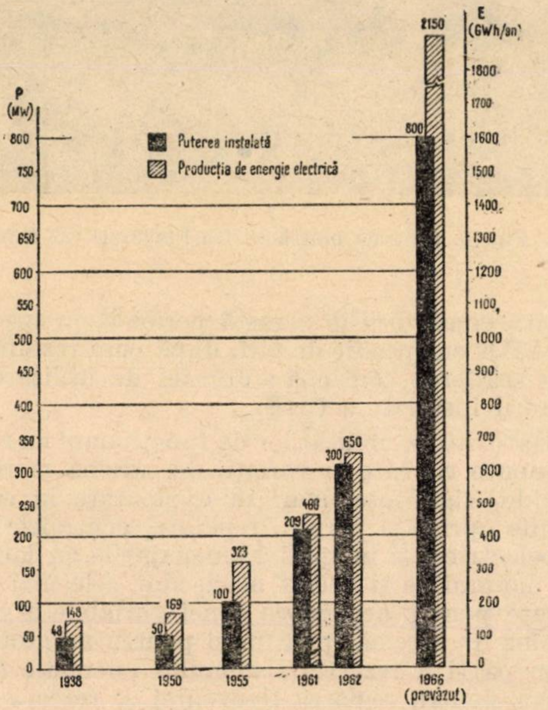


Fig. 8. Evoluția puterii instalate a centralelor hidroelectrice.

O altă caracteristică a dezvoltării hidroenergeticii R.P.R. constă în *tendința de creștere a puterii instalate* a centralelor hidroelectrice de vîrf. În toată această perioadă s-a căutat să se concentreze activitatea pe realizarea unor amenajări de mare putere. Creșterea puterii centralelor hidroelectrice are o mare importanță asupra exploatării sistemului energetic, putîndu-se pune în funcțiune sau opri, după necesități, capacități însemnate de producție.

Se constată astfel o creștere continuă a puterii instalate a CHE de vîrf. De la primele centrale puse în funcțiune, Moroeni și Sadu V, la nivelul celei mai mari centrale existente în țară la acea perioadă, de 16 MW, s-a trecut la realizarea CHE „V. I. Lenin”-Bicaz, de 210 MW, iar în prezent se află în construcție CHE „16 Februarie”-Argeș, de 220 MW. Posibilitățile limitate ca debit și cădere pe care le prezintă rîurile noastre nu favorizează obținerea unor puteri foarte însemnate în centrale hidroelectrice. Prin aplicarea unor concepții moderne în amenajările hidroenergetice, de concentrare a debitelor prin derivarea unor afluenți și cursuri de apă învecinate, în acumulări mari, și de concentrare a căderii, prin amplasarea centralei în subteran și continuarea amenajării prin galerii de fugă lungi, s-a reușit să se obțină concentrarea potențialului hidroenergetic al rîurilor în centrale de mare putere.

Aplicarea unor asemenea soluții noi a permis mărirea puterii instalate a CHE „16 Februarie”-Argeș de la 80 MW, cît era prevăzută în 1950, la 220 MW, așa cum se realizează azi, iar indicii specifici ai amenajării au rezultat mult mai avantajoși.

Prin aplicarea unor scheme similare, cu zeci de kilometri de aducțiuni secundare, care concentrează debitele altor rîuri învecinate în amenajări principale, dispunînd de lacuri de acumulare importante, și prin mărirea căderilor ca consecință a amplasării centralelor în subteran, s-a reușit să se prevadă în schemele de amenajare a unor rîuri, ca Lotru, Sebeș, Someș, Rîul Mare-Retezat ș.a., centrale cu puteri cuprinse între 150 și 500 MW și cu căderi pînă la 800 m.

Realizarea de CHE de mare putere a permis *creșterea continuă a puterii unitare a agregatelor.* Față de puterea celui mai mare agregat existent în țară la începutul planului de electrificare, de 4 MW, s-au instalat ulterior agregate de 7,5 MW (Moroeni, Sadu V), 27,5 și 50 MW (CHE „V. I. Lenin”-Bicaz), iar la CHE „16 Februarie”-Argeș se prevede instalarea unor agregate de 56,5 MW. Creșterea puterii agregatelor conduce la randamente mai ridicate și la reducerea costului lor.

Tabela 5

Anul	1938	1950	1955	1961	1962
Puterea instalată a CHE					
– în MW	48	50	100	209	308
– în % din puterea totală	9,6	6,8	8,2	11,2	14,7
Producția de energie					
– în milioane kWh	148	169	323	466	652
– în % din producția totală	13,0	8,0	7,5	5,4	6,5
Durata de utilizare anuală a puterii instalate a CHE, ore/an	3 100	3 400	3 230	2 230	2 120

O altă caracteristică a amenajărilor hidroenergetice realizate după eliberarea țării o constituie *caracterul complex al amenajărilor hidroenergetice*. Dezvoltarea impetuoasă a industriei și orașelor noastre necesită cantități sporite de apă. Extinderea suprafețelor irigate, atenuarea viiturilor și redarea în circuitul agricol a unor întinse suprafețe de teren agricol, care sînt inundabile în regim natural, au impus crearea unor acumulări importante. Ori de cîte ori a fost posibil tehnic și justificat economic, s-a căutat să se realizeze amenajări cu caracter complex, pentru satisfacerea tuturor ramurilor economiei naționale. În acest scop s-au realizat atît amenajări importante („V. I. Lenin"-Bicaz, „16 Februarie"-Argeș) cît și altele de putere mai mică (Crăinicel-Bîrzava, Firiza ș.a.).

Toate amenajările importante care se proiectează în prezent se examinează sub aspectul folosirii complexe a apelor, pentru acoperirea necesităților diferitelor ramuri ale economiei naționale.

Realizarea unor acumulări importante pe cursul superior sau mijlociu al rîurilor noastre a creat condiții favorabile de *amenajare integrală*, prin construirea de centrale de cădere mică și mijlocie pe cursul lor inferior. Astfel de soluții s-au aplicat pe rîul Bistrița, prin amenajarea integrală a cursului inferior în aval de CHE „V. I. Lenin"-Bicaz, pînă la Bacău. Asemenea soluții se preconizează în prezent la proiectele care se elaborează pentru amenajarea cursului mijlociu al Argeșului, în aval de CHE „16 Februarie", pentru amenajarea Siretului, Oltului și altor rîuri din regiunea de deal și cîmpie a țării.

Cu toate că uzinele hidroelectrice sînt în general unicate, caracteristicile lor tehnice fiind determinate de condițiile locale topografice, geologice și hidrologice, în realizarea cascadelor de centrale s-a urmărit sistematic *tipizarea* căderilor, grupurilor și a construcțiilor hidrotehnice. Tipizarea contribuie substanțial și la reducerea numărului de tipuri de agregate, permițînd trecerea la fabricarea unor serii de agregate de același tip. Astfel, la cascada de 12 centrale de pe rîul Bistrița, șase clădiri ale centralelor sînt executate pe bază de proiecte refolosite. În acest fel, echipe și șantiere întregi au repetat o serie întreagă de lucrări, executîndu-le din ce în ce mai bine și mai economic.

La cascada de centrale de pe Bistrița s-au utilizat în total patru tipuri de agregate turbină-generator, realizate de Uzina constructoare de mașini Reșița.

Caracteristicile principale ale acestor agregate sînt date în tabela 6.

Performanțele superioare obținute la aceste agregate constituie un succes remarcabil al industriei noastre constructoare de mașini.

Avantajele mari pe care le aduce tipizarea și rezultatele pozitive obținute la execuția cascadei de centrale de pe rîul Bistrița au făcut ca această tendință să se accentueze în proiectele care se elaborează în prezent pentru amenajări similare.

Tabela 6

Tipul construcției	K 5,5 – 15	K 7,5 – 20	K 11,5 – 15	K 22 – 26
Turbina				
Tipul turbinei	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan
Căderea de calcul, m	15	20	15	26
Puterea, kW	5 500	7 500	11 500	22 000
Turația, rot/min	214,3	250	136,4	166,7
Diametrul rotorului, cm	260	275	410	400
Numărul paletelor rotorului	5	5	5	6
Generatorul				
Puterea, kVA	6 200	8 500	12 500	25 000
Tensiunea, kV	6,3	6,3	6,3	10,5

Construcția de centrale hidroelectrice în țara noastră s-a dezvoltat treptat, cuprinzînd în prezent toate tipurile de amenajări. Astfel, într-o primă etapă s-au realizat centrale de derivație de vîrf, dispunînd de lacuri de acumulare importante și galerii de aducțiune lungi. Ulterior s-a trecut și la construirea de cascade de CHE de cădere mică de tip baraj sau cu canale pe cursul inferior al rîurilor, cu specific de semivîrf și vîrf (cascada de pe Bistrița). În prezent s-a început o fază nouă, prin începerea executării de CHE fluviale, pe Dunăre.

Conform convenției încheiate între R.P.R. și R. S. F. Iugoslavia, în acest an începe construirea sistemului hidroenergetic și de navigație de la Porțile de Fier. Primele agregate se prevede că vor intra în funcțiune în 1970. Prin parametrii săi principali, puterea instalată de 2 000 MW și producția medie de energie electrică de 10 miliarde kWh, și prin celelalte caracteristici ale sale, sistemul de la Porțile de Fier reprezintă unul dintre cele mai mari obiective energetice cunoscute pe plan mondial. În afara importanței sale energetice, sistemul de la Porțile de Fier va contribui substanțial și la îmbunătățirea condițiilor de navigație pe Dunăre.

În paralel cu aceasta, se continuă studiile și proiectele în vederea utilizării potențialului hidroenergetic al Dunării în aval de Porțile de Fier.

La elaborarea acestor proiecte, ISPH colaborează cu institutul Energoproiekt din Sofia, în vederea amenajării sectorului romîno-bulgar al Dunării, prin construirea unui complex hidrotehnic în zona Islaz-Somovit.

Progresul tehnic în proiectarea amenajărilor hidroenergetice

Realizarea amenajărilor hidroenergetice, executate și în construcție, a pus în fața proiec-

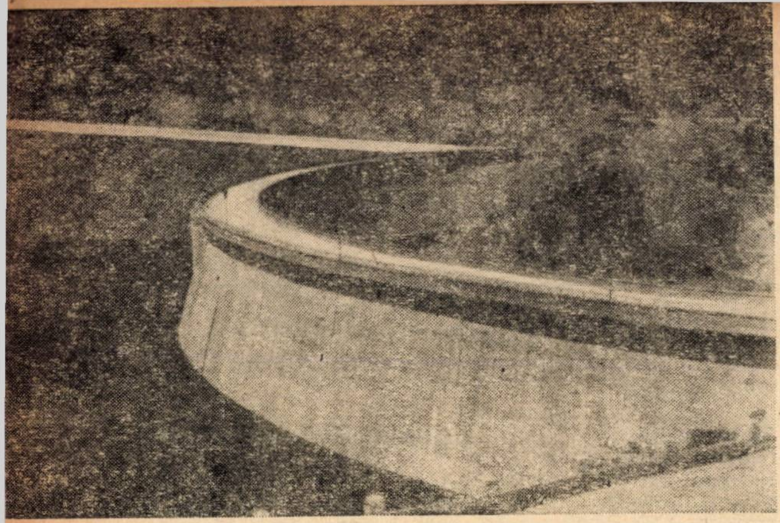


Fig. 9. Barajul de beton în arc Teliuc.

tării probleme de cea mai mare răspundere. Este cunoscut faptul că centralele hidroelectrice necesită investiții inițiale mai mari decît centralele termoelectrice și au durate de construcție mai lungi.

Proiectanții ISPH au căutat să fie continuu la curent cu realizările cele mai înaintate ale tehnicii mondiale, aplicînd cu discernămînt și dezvoltînd în condițiile noastre specifice soluțiile avansate aplicate în alte țări, în vederea reducerii investițiilor și a duratei de execuție a centralelor hidroelectrice. Lucrările hidrotehnice ale amenajărilor realizate sau în curs de execuție, pe baza proiectelor elaborate de ISPH sînt remarcabile prin soluțiile tehnice moderne aplicate, prin caracteristicile lor tehnice superioare și prin calitatea lucrărilor executate. Aceasta se poate constata atît în concepția generală a amenajării cursurilor de apă, cum s-a arătat anterior, cît și în concepția și execuția diferitelor construcții componente ale centralelor hidroelectrice.

Tabela 7

Nr. crt.	Denumirea barajului și cursul de apă	Tipul barajului*	Înălțimea constuctivă maximă, m	Lungimea la coronament, m	Volumul barajului, mii m³	Volumul total al acumulării, mil.m³	Anul terminării construcției
1	Gozna-Bîrzava	An	46	203	270	10,6	1953
2	Moroeni-Ialomița	G	16	40	6	0,04	1954
3	Negovanu-Sadu	Ar	62	150	45	5,8	1960
4	Izvorul Muntelui-Bistrița	G	127	430	1 625	1 130	1961
5	Belci-Tazlău	P	16	428	220	12	1963
6	Secul-Bîrzava	F	40	136	31	15,0	1963
7	Piatra Neamț-Bistrița	P	24	1 000	400	10,0	1963
8	Cinciș-Cerna	Ar	48	220	55	43	1964
9	Pîngărați	P	28	890	130	6,0	1964
10	Ișalnița-Jiu	G	16	5 000	300	1,8	în construcție
11	Strîmtori-Firiza	F	52	150	56	19,0	în construcție
12	Vaduri-Bistrița	P	23	150	50	4,8	în construcție
13	Racova-Bistrița	P	20	5 000	540	11,0	în construcție
14	Gîrleni-Bistrița	P	18	3 500	230	6,0	în construcție
15	Bacău I-Bistrița	P	20	3 500	450	9,3	în construcție
16	Bacău II-Bistrița	P	18	4 000	460	5,5	în construcție
17	Vidraru-Argeș	Ar	166	305	500	465	în construcție
18	Vîlsan-Vîlsan	Ar	24	73	6	0,60	în construcție
19	Baciu-R. Doamnei	Ar	34	98	12	1,74	în construcție

* G — baraj de beton de greutate; P — baraj de pămînt; F — baraj cu contraforți; An — baraj de anrocamente; Ar — baraj în arc.

În proiectarea *barajelor de beton* s-a urmărit continuu adoptarea tipurilor celor mai indicate din punct de vedere tehnic și economic, în condițiile topografice și geologice existente. Astfel s-a căutat să se realizeze tipuri cu volume de beton redus, adoptîndu-se soluțiile cele mai moderne, ca barajele în arc de la Sadu V, Teliuc și Argeș. Prin aplicarea unor metode originale de calcul și prin folosirea mașinilor electronice de calcul, s-au realizat baraje la nivelul tehnicii mondiale, economice și sigure în exploatare. Acolo unde condițiile de teren nu permiteau realizarea unor baraje în arc, s-a adoptat tipul de baraje cu contraforți (Secul, Firiza). În acest mod, baraje cu volume de beton mai mici s-au putut executa în doi ani (Secul, Teliuc ș.a.), iar cele mari se construiesc în 3—3,5 ani.

La execuția barajelor de beton în condiții de munte, s-a asigurat un înalt grad de mecanizare a excavațiilor și betonării. La barajul de la Bicaz, gradul de mecanizare a lucrărilor a fost de 97%, ceea ce a permis atingerea unui ritm rapid de betonare.

În cazul în care condițiile naturale au permis adoptarea unor soluții de baraje din materiale locale, s-au adoptat tipuri de baraje din anrocamente (Gozna) sau de pămînt (Belci).

În proiectele elaborate de ISPH pentru o serie de amenajări hidroenergetice, se preconizează realizarea unor mari baraje din materiale locale.

Lista principalelor baraje realizate după eliberarea țării sau în construcție este redată în tabela 7 .

În domeniul *lucrărilor subterane* s-au obținut de asemenea succese remarcabile. Galeriile proiectate de ISPH s-au realizat în cele mai diferite condiții geologice și dimensiuni constructive. A existat o permanentă preocupare pentru găsirea celor mai indicate soluții constructive în diferite condiții de teren. S-au elaborat metode originale de calcul al cămășuielilor interioare de beton. Toate acestea au condus la creșterea permanentă a avansamentelor și la reducerea prețului de cost.

Caracteristicile principalelor galerii realizate în țară în această perioadă sînt indicate în tabela 8.

Progrese însemnate s-au realizat și în domeniul *lucrărilor de terasamente*, la care s-a prevăzut un înalt grad de mecanizare. La execuția canalelor de pe Bistrița, mecanizarea lucrărilor de terasamente în proporție de 90% și a celor de betonare în proporție de 100% a permis executarea în fiecare an a milioane de metri cubi de terasamente.

Ritmuri rapide s-au realizat și la *execuția clădirilor centralelor* hidroelectrice. Viteza de betonare a infrastructurii centralelor a crescut continuu, de la 0,87 m/lună la centrala Bicaz, executată în 1959, la 4,10 m/lună la centrala Buhuși, executată în 1964.

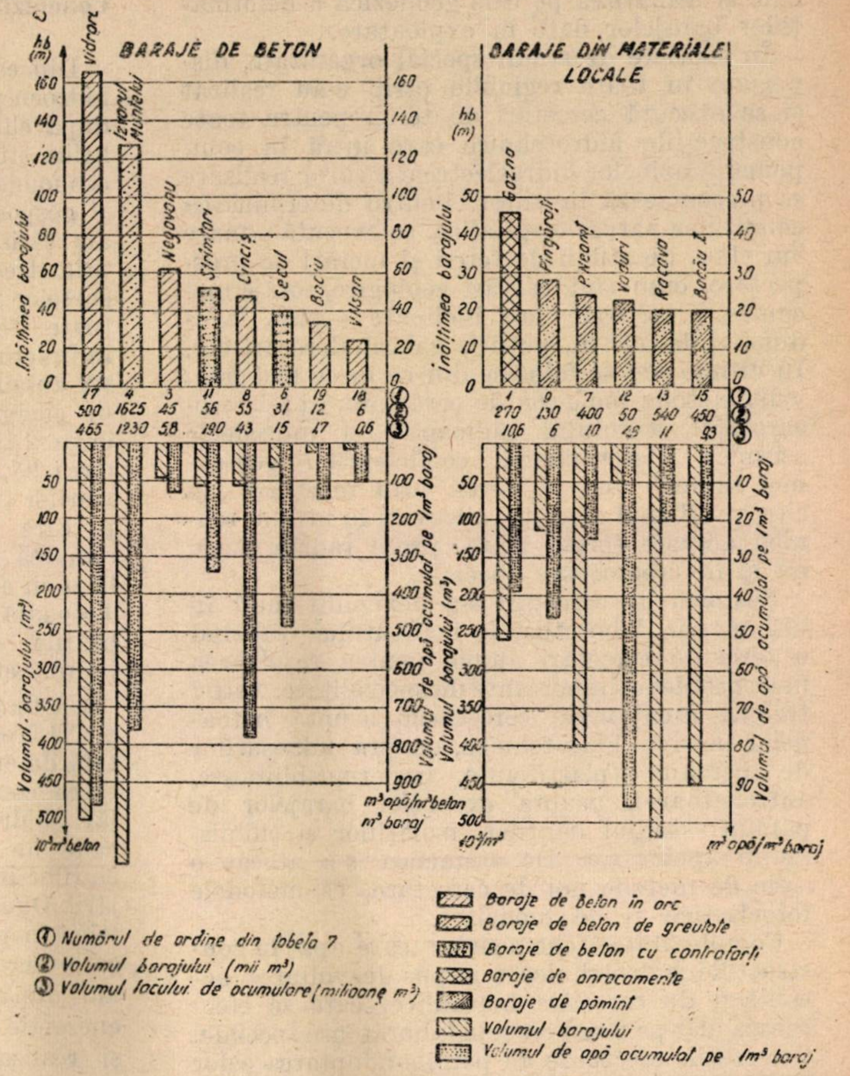


Fig. 10. Baraje realizate în R.P.R.

Succesele obținute se datoresc în mare măsură dezvoltării sectorului de studii de teren și cercetări de laborator și introducerii celor mai moderne mijloace de cercetare. De cunoașterea cît mai completă a condițiilor naturale locale, geologice, geotehnice, hidrologice și topografice depind indicii tehnico-economici ai barajelor, tunelelor de aducțiune, clădirii centralelor și ai altor construcții care intră în componența centralelor hidroelectrice. De gradul de cunoaștere a condițiilor de teren concrete a unui obiectiv depinde adoptarea celor mai economice soluții. Aceasta a făcut să se treacă în măsură tot mai mare din domeniul calculelor teoretice în cel al activității de teren și laborator.

Tabela 8

Denumirea amenajării	Tipul galeriei*	Lungimea, m	Diametrul interior, m	Observații
Moroeni	P	4 763	2,0	
Sadu V	P	5 000	1,8	
V. I. Lenin-Bicaz	P	4 800	7,0	
Cinciș	P	5 003	1,7×1,85	
16 Februarie :				
Firul principal :	P	2 130	5,15	
	L	11 200	5,15	în construcție
Aducțiuni secundare				
V. Doamnei	P	18 900	2,8—3,2	în construcție
Topolog	L	7 600	2,2×2,35	în construcție
V. Stan	L	1 500	1,5×2,00	în construcție
Limpedea	L	1 500	1,5×2,00	în construcție

* P — galerie sub presiune ; L — galerie cu scurgere liberă.

Studiile hidrologice, efectuate pe baza datelor obținute în stațiile hidrometrice proprii sau în cele ale Comitetului de Stat al Apelor, au permis întocmirea monografiilor pentru un mare număr de bazine din țară și inventarierea potențialului hidroenergetic al Republicii Populare Romîne.

Sectorul topogeodezic a asigurat planurile necesare proiectării amenajărilor energetice, controlul periodic al trasării axelor de bază și al reperelor principale ale lucrărilor proiectate, iar ca probleme speciale, transmiterea orientărilor și cotelor prin puțurile de mare adîncime, în vederea realizării aducțiunilor subterane, precum și urmărirea pe cale geodezică a deformațiilor barajelor date în exploatare.

În șantiere de studii special organizate, dispersate în toate regiunile țării, s-au realizat și se execută cercetări de teren pentru toate construcțiile hidrotehnice care intră în componența uzinelor hidroelectrice a căror realizare se preconizează în viitor. Pentru determinarea condițiilor naturale specifice, se execută o mare varietate de studii de teren și lucrări de prospectare, cum sînt cartări geologice, foraje mecanice — verticale sau înclinate — pînă la adîncimi de 500 m, puțuri, galerii, derocări etc. În ultimii ani se folosesc din ce în ce mai frecvent metode moderne de cercetare, ca : electrocarotajul, carotajul radioactiv și procedeele seismice. Determinarea coeficienților geotehnici se face atît pe teren prin încercări „in situ", utilizînd aparataj adecvat, la nivelul tehnicii actuale (prese plate, prese radiale ș.a.), cît și în laboratoare speciale.

Sectorul de cercetări s-a dezvoltat mult în ultimii ani, laboratoarele institutului realizînd o serie de cercetări ample pentru rezolvarea unor probleme importante de specialitate. Astfel trebuie menționate cercetările asupra betoanelor masive hidrotehnice, asupra adaosurilor de betoane (plastifiante, impermeabilizante, antrenatoare), asupra execuției barajelor de pămînt, studiul lianților, izolațiilor și chimismului apelor ș.a. De asemenea s-a atacat o serie de metode noi de cercetare, ca metodele fotoelastice și de modelare.

Complexitatea fenomenelor care apar în construcțiile hidrotehnice a impus dezvoltarea activității de cercetări hidraulice, care se efectuează atît pe teren cît și în laboratoare speciale. Cercetările efectuate au permis adoptarea celor mai indicate tipuri de deversoare, disipatoare de energie, denisipatoare etc. Activitatea de studii de teren și cercetări de laborator a furnizat proiectării datele necesare pentru a putea adopta soluțiile tehnice cele mai indicate în condițiile de teren specifice amenajării respective. Colaborarea directă între proiectare și activitatea de studii de teren și cercetări de laborator a fost unul din factorii principali care a contribuit la adoptarea celor mai indicate soluții pentru amenajările hidroenergetice realizate în țară.

Concluzii

Din cele arătate se constată că dezvoltarea hidroenergeticii în Romînia a început practic după eliberarea țării de sub jugul fascist. Politica științifică a partidului de dezvoltare a economiei naționale, prin valorificarea maximă și gospodărirea rațională a bogățiilor naturale ale țării, s-a reflectat în domeniul energetic prin trecerea la utilizarea sistematică a resurselor noastre hidroenergetice. În 1966, cînd toate CHE în prezent în construcție vor fi în funcțiune, puterea totală instalată în CHE va totaliza circa 800 MW, iar producția lor de energie în anul hidrologic mediu va fi de circa 2 150 milioane kWh, adică va fi utilizat circa 9 % din potențialul tehnic amenajabil al rîurilor interioare. Față de situația din trecut, în care era amenajat numai circa 0,6 %, se remarcă progresul deosebit de însemnat realizat în anii regimului de democrație populară. Totodată, aceste cifre scot în evidență posibilitățile însemnate de amenajare de centrale hidroelectrice de care mai dispune țara noastră.

Cu toate că în prezent producția de energie a CHE este de numai 6,5 % din producția totală de energie electrică, în viitor, prin dezvoltarea construcției tuturor tipurilor de amenajări hidroenergetice — centrale de vîrf, cascade de centrale pe cursurile inferioare ale rîurilor inferioare și în special în urma amenajării Dunării — ponderea centralelor hidroelectrice în producția totală a țării va crește atît ca putere cît și ca energie. Astfel, în primii ani după intrarea în funcțiune a sistemului energetic și de navigație de la Porțile de Fier și realizarea altor amenajări preconizate în această perioadă pe cursurile de apă interioare, producția de energie a CHE va reprezenta în anul hidrologic mediu peste 20 % din producția totală a țării.

Îndeplinirea tuturor acestor sarcini, trasate de partid și guvern, care stau în fața hidroenergeticienilor romîni, va putea fi realizată cu succes, datorită experienței din ce în ce mai bogate, acumulată pînă în prezent, și aplicării celor mai noi realizări ale progresului tehnic pe plan mondial în acest domeniu.

Progrese realizate în proiectarea și execuția centralelor termoelectrice

Conf. Ing. **V. Nitu**
candidat în științe tehnice,
director al Institutului de studii
și proiectări energetice

În dezvoltarea proiectării și execuției centralelor termoelectrice în țara noastră se pot observa trei etape distincte, și anume:

— etapa 1950—1954, în care s-a urmărit în primul rînd acoperirea lipsei de putere, prin instalarea de grupuri care se puteau procura rapid, fără a se acorda o importanță deosebită caracteristicilor. Apar astfel centralele Doicești, Ovidiu, Comănești;

— etapa 1954—1958, în care s-au instalat în special grupuri de condensație, cu performanțe ridicate pentru acea perioadă, ca de exemplu în centralele Sîngeorgiu, Paroșeni, Borzești etc.;

— etapa după 1958, în care s-a acordat o importanță deosebită economicității, instalîndu-se grupuri la cel mai înalt nivel tehnic și dezvoltîndu-se intens termoficarea.

În această ultimă etapă s-au construit centrale mari și moderne, ca Brazi, Luduș, Craiova, Grozăvești-extindere, Paroșeni-extindere, București-sud etc.

În toate aceste perioade s-a realizat și o serie de centrale de puteri mici și mijlocii, cerute de necesitățile termoficării industriale, cum sînt: Teleajen, Dărmănești, Roznov, Govora, Chiscani, Livezi, Blaj, Gherla, Suceava etc., echipate în mare parte cu echipament energetic fabricat în țară (cazane și grupuri turbogeneratoare).

Schimbările structurale petrecute în toate ramurile industriale din țara noastră în anii puterii populare s-au reflectat și în termoenergetica țării, și anume prin folosirea rațională a combustibililor, extinderea termoficării, concentrarea puterilor, trecerea la grupuri de puteri unitare din ce în ce mai mari, cu parametri și nivel tehnic din ce în ce mai ridicat.

Astfel, centrala termoelectrică de la Doicești utilizează pentru ardere cărbuni inferiori de la minele de lignit din vecinătate; în centrala de la Sîngeorgiu se ard gazele de joasă presiune din cîmpurile de gaze învecinate; centrala Paroșeni folosește deșeuri de cărbune de la exploatările carbonifere din Valea Jiului etc.

Combustibilul cel mai utilizat în centralele termoelectrice este gazul natural, urmat de cărbunele de calitate inferioară.

Deși combustibilii superiori — cărbune superior, motorină, păcură — participă la producerea energiei electrice în centralele termoelectrice în procente foarte mici față de ceilalți combustibili, se remarcă o scădere în continuare a procentelor de folosire a acestor combustibili, la 40—20% față de cotele din perioada 1955—1963.

Puterea instalată în centralele de termoficare în perioada 1951—1960 este de circa 300 MW. În 1960, din puterea totală instalată în centralele termoelectrice, 25,4% era instalată în centrale de termoficare.

Întrucît producerea combinată a energiei electrice și termice în centralele de termoficare aduce importante economii de combustibil, cota de putere instalată în astfel de centrale va ajunge pînă în 1965 la 40,7%.

În afară de centralele de termoficare mai mici, s-au construit centrale mari de termoficare, ca centralele Borzești, Brazi, Grozăvești etc., echipate cu grupuri de termoficare mari, de 25—50 MW. În viitorul apropiat va intra în funcțiune cea mai mare centrală de termoficare din țară — București-sud — echipată cu grupuri de termoficare de 100 MW.

În centrala de termoficare de la Borzești se realizează producerea combinată de căldură (pentru grupul industrial de la Borzești—Onești) și de energie electrică pentru sistemul energetic național. De asemenea, centrala de termoficare Brazi alimentează cu abur tehnologic și energie electrică rafinăriile din Ploiești, înlocuind peste 100 cazane existente, neeconomice, care alimentau în trecut rafinăriile.

Pe baza studiilor și proiectelor complexe s-a introdus și funcționează termoficarea urbană în următoarele centre: București, Timișoara, Arad, Oradea etc.

În acest an se vor da în funcțiune sistemele de termoficare urbană în centrele: Iași, Pitești și Suceava.

Pentru realizarea directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. de instalare a unei puteri de 2 960 MW în numai 15 ani (1950—1965), s-a trecut la concentrarea puterii în centrale termoelectrice mari.

Astfel, dacă în anii 1950—1954 cea mai mare centrală din țară era încă centrala Grozăvești, cu o putere instalată de 89 MW, în 1963 puterea instalată maximă este de 200 MW pentru centrala Brazi, iar în 1964 centralele Paroșeni și Luduș au ajuns la o putere instalată de cîte 300 MW (fig. 1). În viitor centralele Luduș și București-sud vor ajunge la puteri instalate de cîte 800 MW, iar centrala Craiova la 700—1 000 MW.

Pentru mărirea economicității centralelor termoelectrice s-au urmărit în proiectare următoarele obiective principale:

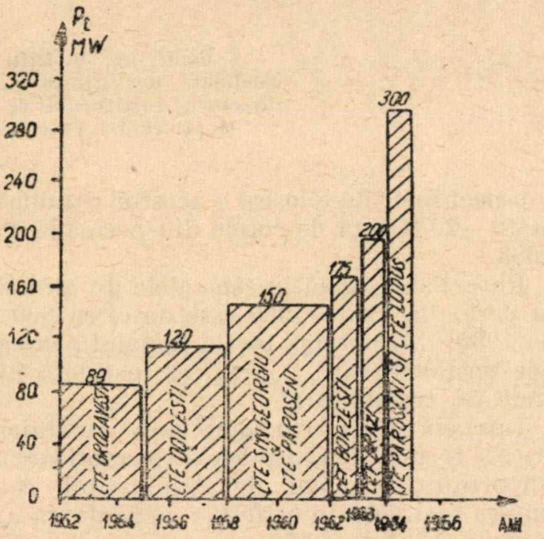


Fig. 1. Creșterea puterii instalate a centralelor.

— instalarea de grupuri cu puteri unitare din ce în ce mai mari;

— folosirea de instalații cu caracteristici la nivelul tehnicii celei mai avansate (parametri ridicați ai aburului, circuit regenerativ dezvoltat, randament ridicat al fiecărui agregat);

— mărirea gradului de automatizare;

— micșorarea investițiilor, prin reducerea costului utilajului și prin reducerea volumului și suprafeței clădite.

Instalarea grupurilor de putere unitară din ce în ce mai mare (și cu randamente mai bune) conduce la scăderea costului specific al centralei și la realizarea mai ușoară a programului de creștere a puterii, prin concentrarea eforturilor la un număr mai mic de obiective. În figurile 2 și 3 se arată variația investiției specifice nete cu puterea unitară a turbogrupurilor, respectiv cu puterea totală a centralelor.

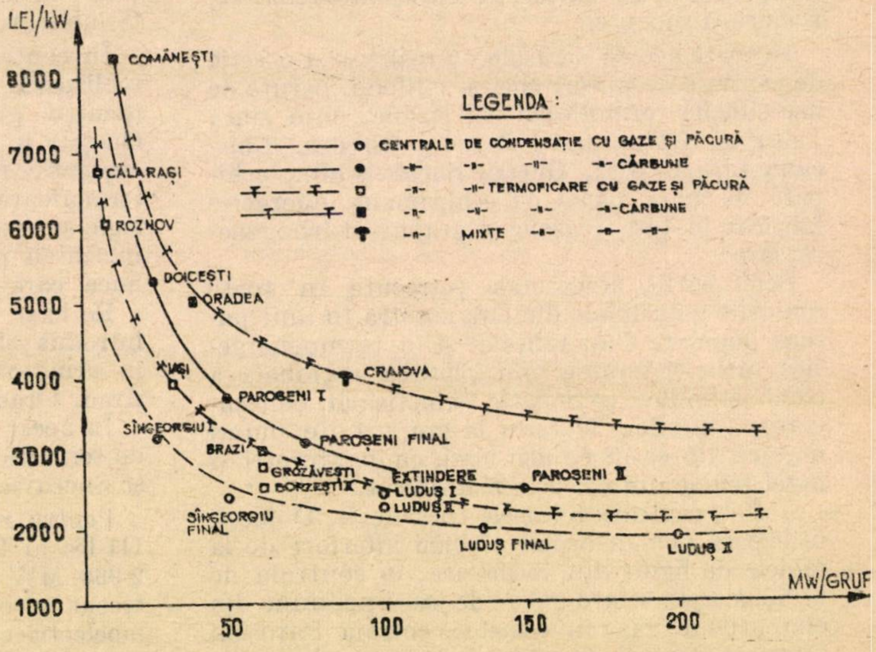


Fig. 2. Variația investiției specifice nete cu puterea unitară a turbogrupurilor.

Din aceste cauze, se merge consecvent pe linia instalării de grupuri de puteri unitare din ce în ce mai mari. În centralele cu condensație, puterea noilor unități date în exploatare a crescut continuu (fig. 4 și 5); de exemplu:

— în 1952 — grupuri de 20 MW la CTE Doicești;
— în 1956 — grupuri de 50 MW la CTE Paroșeni;
— în 1963 — grupuri de 100 MW la CTE Luduș;
— în 1964 — un grup de 150 MW la CTE Paroșeni.

În viitorul apropiat se vor instala grupuri de 200 și 300 MW. Este de remarcat că puterea unitară de 200—300 MW reprezintă limita actuală și în alte țări puternic industrializate (U.R.S.S. — 300 MW, R.P.P. — 200 MW, R.F.G. — 150 MW, Franța — 250 MW, Italia — 320 MW etc.). Numai în Anglia și S.U.A. sînt în funcțiune grupuri mai mari, și anume 500—550 MW în Anglia și 900—1 000 MW în S.U.A.

În centralele de termoficare s-a urmărit, de asemenea, instalarea de grupuri mari, lucru posibil numai în cazul comasării consumatorilor industriali și eventual urbani. La CET Brazi, Borzești, Grozăvești (extindere) sînt instalate grupuri de 50 MW. Puterea de 50 MW la grupuri de termoficare se situează în categoria puterilor foarte mari pentru asemenea grupuri, în prezent existînd ca unități mai mari doar două grupuri de 250 MW în S.U.A. și cîteva grupuri de 100 MW în U.R.S.S. (pentru termoficare urbană). Trebuie remarcat, de asemenea, faptul că la centrala București-sud se vor instala grupuri de 100 MW de termoficare.

Totuși, la centralele industriale, consumurile limitate de căldură au impus adesea instalarea unor unități mici: 1,5; 3; 4 și 6 MW.

Ponderea grupurilor mici în centralele existente este încă foarte importantă, ceea ce face ca puterea unitară medie în centralele cu abur să rămînă încă foarte scăzută (fig. 6), și anume, pentru anul 1963:

— 14,5 MW pe turbină în centralele Departamentului Energiei Electrice;

— 7,7 MW pe turbină, pe ansamblul sistemului.

Se constată însă și aici o continuă și rapidă creștere a puterii medii.

Creşterea parametrilor aburului viu a preocupat în aceeaşi măsură pe proiectanţii centralelor termoelectrice, fiind cunoscut faptul că ridicarea parametrilor aburului conduce la scăderea consumului specific de căldură şi contribuie deci la scăderea preţului de cost al kWh.

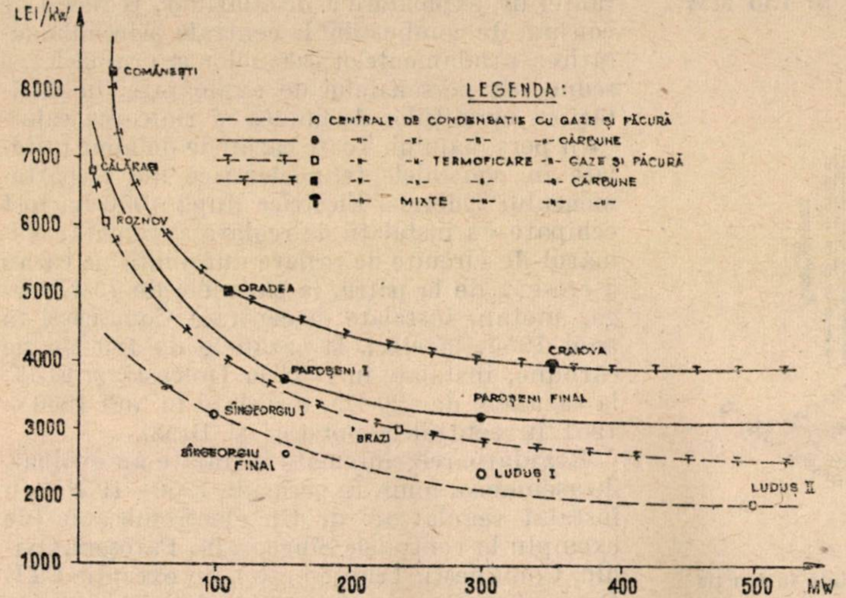


Fig. 3. Variaţia investiţiei specifice nete cu puterea totală a centralelor.

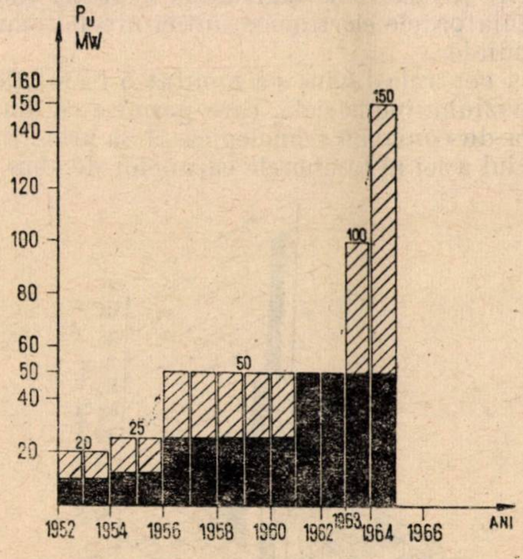


Fig. 4. Creşterea puterii unitare a grupurilor.

Se constată o creştere considerabilă a parametrilor aburului în decursul celor 15 ani (1949 –1964), şi anume de la 30 ata şi 400°C în 1950 la 140 ata şi 570°C în 1961. Desigur că, pe viitor, ridicarea în continuare a parametrilor aburului va fi dictată de limitele eficienţei economice a investiţiilor.

Treptele parcurse în creşterea parametrilor aburului sînt :

- 64 ata, 480°C în 1952, la CET Doiceşti ;
- 100 ata, 510°C în 1954, la CET Sîngeorgiu, Paroşeni ;
- 140 ata, 570°C în 1961, la CET Brazi, Borzeşti etc.

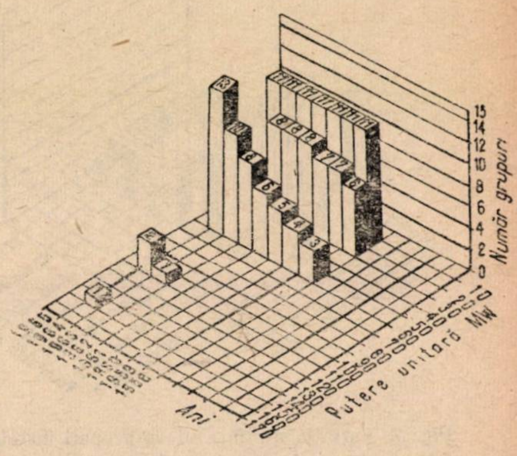


Fig. 5. Variaţia numărului de grupuri instalate în funcţie de putere.

Se constată o creştere rapidă atît a puterii instalate în grupuri cu parametri foarte înalţi cît şi a numărului de grupuri pentru aceşti parametri. Figurile 7 (variaţia numărului de grupuri instalate în funcţie de parametrii aburului) şi 8 (repartizarea puterii instalate pe parametrii aburului) ilustrează acest lucru. Parametrii 140 ata şi 570°C reprezintă parametrii cei mai folosiţi în

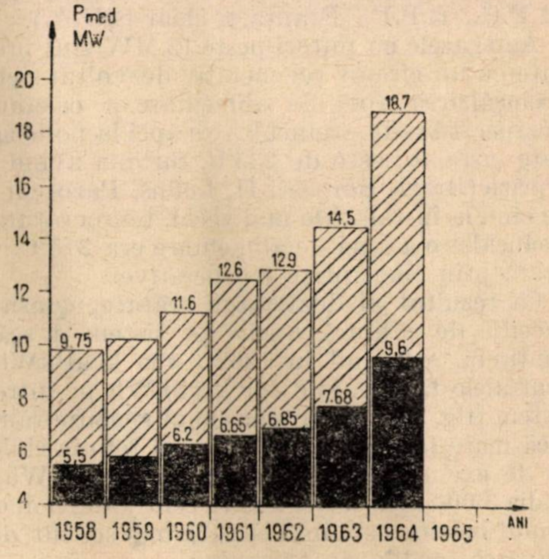


Fig. 6. Creşterea puterii medii în centralele termoelectrice.

majoritatea țărilor. La noile grupuri de condensație se folosește supraîncălzirea intermediară.

La grupul de 100 MW de la Luduș, parametrii sînt 140 ata, 570/540°C, la grupul de 150 MW de la Paroșeni 140 ata, 570/570 °C. Temperatura de 570°C reprezintă în prezent, cu cîteva excepții, valoarea maximă pe plan mondial, unele țări limitînd temperatura în jur de 540°C (R.F.G., R.P.P., Franța și chiar S.U.A.).

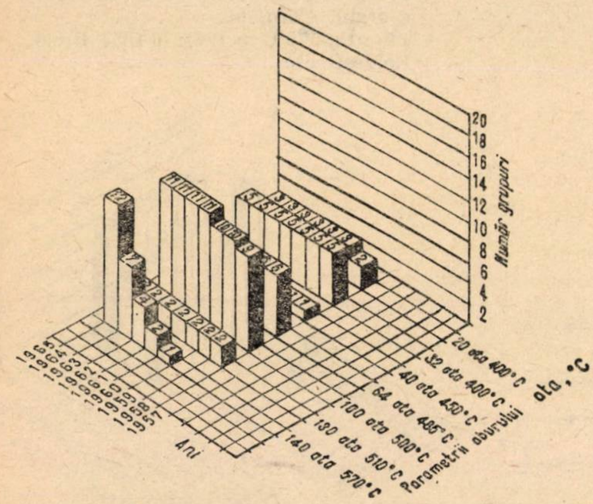


Fig. 7. Variația numărului de grupuri instalate în funcție de parametrii aburului.

Agregatele cu puteri peste 12 MW sînt prevăzute cu un circuit regenerativ dezvoltat pentru preîncălzirea apei de alimentare a cazanului. Temperatura de preîncălzire a apei la noile agregate instalate este de 235°C, turbina avînd 7 — 8 prize (Brazi, Borzești II, Luduș, Paroșeni II), pe cînd la instalațiile mai vechi, temperatura de preîncălzire a apei de alimentare era 215°C, realizată prin cinci prize regenerative.

Ca rezultat al dezvoltării arătate, consumul specific de căldură mediu pe sistem a scăzut continuu, atingînd în 1962 3 190 kcal/kWh în centralele D.E.E. și 3 400 kcal/kWh pe întregul sistem (fig. 9). Totuși consumul specific rămîne încă mare față de țările cu nivel tehnic ridicat, ca de exemplu în S.U.A., 2 760 kcal/kWh, în Italia 3 000 kcal/kWh etc. În centralele noi, consumul specific este însă sensibil mai scăzut decît valoarea medie, de exemplu :

— CTE Sîngeorgiu 3 020 kcal/kWh
— CTE Paroșeni 3 000 kcal/kWh
— CET Brazi 2 560 kcal/kWh
— CET Borzești 2 330 kcal/kWh

Pentru CTE Luduș se prevede un consum specific de 2 200 kcal/kWh, care este la nivelul celor mai bune centrale din lume.

Progrese deosebite s-au realizat în introducerea automatizării în centralele termoelectrice construite în țară, prin echiparea grupurilor cu instalații de reglare automată, comandă la distanță, comandă automată, protecție, semnalizare, blocare.

Aceasta a avut ca rezultat creșterea siguranței de exploatare a instalațiilor, reduceri de consum de combustibil la centrale prin îmbunătățirea randamentelor cazanelor și grupurilor și reducerea personalului de exploatare, îmbunătățirea condițiilor de muncă și ridicarea calificării personalului. Toate cazanele de abur instalate în centralele termoelectrice ale Departamentului Energiei Electrice după 1950 au fost echipate cu instalații de reglare automată. Numărul de circuite de reglare automată pe cazan a crescut de la patru, la cazanele de 75 t/h cu gaz metan, instalate în centrala Comănești în anul 1954, la cinci, la cazanele de 100 t/h pe cărbune, instalate în 1952 la Doicești, și la 11, la cazanele de 420 t/h, instalate în anii 1960 — 1961 în centralele Borzești și Brazi.

Regulatoarele automate instalate au evoluat, de asemenea, mult. În perioada 1950—1958 s-au instalat regulatoare de tip electromecanic (de exemplu la centralele Sîngeorgiu, Paroșeni, Ovidiu, Comănești, Teleajen etc.), cu excepția CTE Doicești, unde s-au montat regulatoare electrice și pneumatice.

Începînd cu anul 1958 s-a renunțat la regulatoarele electromecanice, trecîndu-se la instalarea de regulatoare de tip electronic specializat (cazanele de 420 t/h de la centralele Borzești și Brazi) și electronic unificat la centrala Luduș. Regulatoarele electronice sînt la nivelul tehnicii mondiale.

La centrala Luduș s-a montat o instalație de televiziune industrială, care permite ca din camera de comandă tehnologică să se urmărească nivelul apei în tamburele cazanelor de abur.

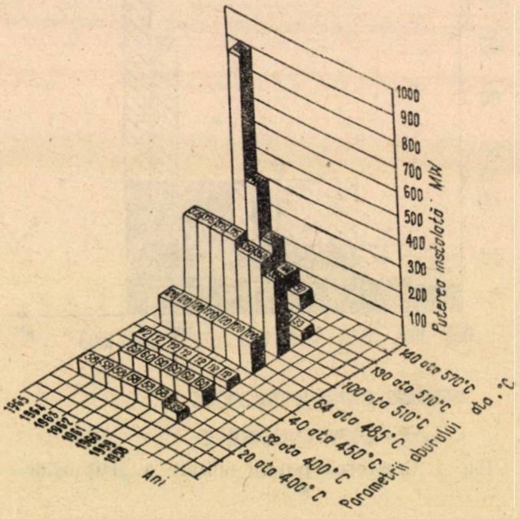


Fig. 8. Repartizarea puterii instalate pe parametrii aburului.

În scopul centralizării comenzilor, măririi siguranței de exploatare, îmbunătățirii condițiilor de muncă ale personalului și creării de condiții corespunzătoare de exploatare pentru aparatajul de măsură și reglare automată, începînd cu anul 1959 s-a trecut la realizarea de camere de comandă termice separate, ca la centralele Luduș, Borzești, Brazi etc.

Nivelul de automatizare adoptat permite ca, din camera de comandă termică, să se facă pornirea și oprirea agregatelor principale și supravegherea acestora în timpul exploatării. Astfel, la centrala Luduș, pentru etapa de 800 MW, sînt prevăzute trei camere de comandă termice, cîte una pentru două cazane și două grupuri turbogeneratoare, și o cameră de comandă de dispecer, care, în afară de cele trei camere termice, coordonează și camera de comandă electrică.

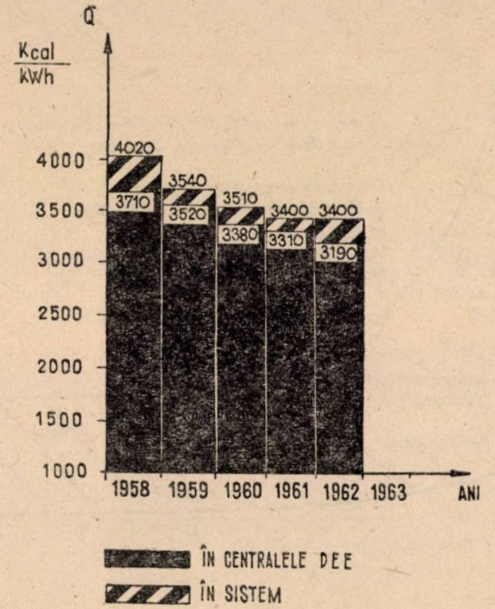


Fig. 9. Scăderea consumului specific de căldură.

În general se constată un decalaj relativ mare, de 1 –2 ani, între intrarea în funcțiune a agregatelor și a instalațiilor de automatizare, datorită în special complexității instalațiilor de automatizare și lipsei de cadre cu calificarea corespunzătoare.

Din 1962 au început să se organizeze în cadrul centralelor laboratoare de automatizare, dotate cu aparataj și personal corespunzător, care au ca sarcină să întrețină și să pună la punct aparatajul de măsură, control și reglare automată, în vederea asigurării condițiilor de funcționare automată a echipamentului centralelor. Astfel, sînt în funcțiune laboratoare de automatizare la Luduș, Paroșeni, Doicești, Borzești.

Pentru grupurile cu puteri mari (peste 200 MW), care se vor instala după 1965, se preconizează folosirea de calculatoare electronice, în prima etapă pentru informare, iar în etapa următoare pentru comanda completă a centralei.

Deși în noile centrale nivelul de automatizare este în continuu progres, indicele de personal de exploatare este însă foarte ridicat; de exemplu:

- CTE Paroșeni 300 MW; 2,73 om/MW;
- CET Borzești 225 MW; 2,8 om/MW;
- CET Brazi 200 MW; 1 om/MW.

La CTE Luduș se prevede însă un indice foarte coborît, de 0,835 om/MW.

Personalul numeros se explică prin faptul că instalațiile de automatizare nu sînt încă perfect puse la punct. Pe măsura măririi siguranței în exploatare a aparatajului și a ridicării calificării personalului, indicele de personal va trebui să scadă, ajungînd la nivelul mondial.

În proiectarea centralelor s-a urmărit continuu reducerea investițiilor, acționînd pe două căi:

— reducerea costului utilajului;

— reducerea volumului și suprafeței clădite.

Pentru a reduce costul utilajului, principalele metode folosite au fost:

— micșorarea costului utilajului principal, prin folosirea de unități mari; la centralele de termoficare s-au obținut importante economii și prin folosirea cazanelor de apă fierbinte de 50 și 100 Gcal/h, pentru preluarea vîrfului termic; se reduce astfel debitul și deci prețul cazanelor de abur de înaltă presiune, înlocuindu-le cu cazane mult mai ieftine și reducîndu-se și energia de pompare;

— reducerea încărcării podului rulant din sala mașinilor, la cea mai grea piesă manipulată obișnuit, urmînd ca statorul generatorului să fie manipulat cu dispozitive speciale;

— simplificarea schemei termice a centralei prin:

— folosirea schemei-bloc la centralele cu condensație (Luduș, grupurile cu condensație din CET Craiova);

— folosirea de legături transversale simple în locul conductelor colectoare duble, la centralele de termoficare;

— renunțarea la turbopompe, folosind numai electropompe;

— reducerea rezervei de apă caldă la cantitatea necesară pentru 10 –20 minute de funcționare, față de minimum 30 minute în vechile instalații;

— simplificarea gospodăriei de combustibil, prin:

— construirea cu precădere a centralelor alimentate cu gaze naturale, în special în cazul puterilor mici. Numai patru dintre noile centrale vor folosi cărbune: CET Craiova, CTE Paroșeni, CET Oradea și CET Turnu-Severin, toate așezate în apropierea bazinelor carbonifere;

— folosirea păcurii numai drept combustibil auxiliar, ceea ce permite reducerea volumului rezervoarelor de depozitare;

— utilizarea unor sisteme moderne de manipulare a cărbunelui (buldozere, benzi transportoare), în locul vechilor sisteme de screpere, macarale-portal etc.

Pentru a reduce suprafaţa şi volumul clădit, s-a urmărit continuu o aşezare cît mai compactă a utilajului din clădirea principală, în special la centralele utilate cu echipament romînesc, de exemplu CET Gherla, Blaj, Luduş (fabrica de zahăr), Roznov, Popeşti-Leordeni etc. În acest scop, principalele metode folosite au fost:

— aşezarea cazanelor cu peretele din spate la exterior, peretele din spate al sălii cazanelor fiind limitat numai la porţiunea dintre cazane;

— acoperişul la sala cazanelor de tip uşor, sprijinit direct pe cazan;

— renunţarea la corpul degazoarelor, aşezîndu-se degazoarele între cazane;

— construirea de degazoare verticale;

— renunţarea la peretele dintre sala cazanelor şi sala turbinelor;

— reducerea capacităţii buncărelor de cărbune şi adoptarea de scheme fără buncăr de praf de cărbune;

— montajul în exterior al unor utilaje, ca ventilatoarele de gaze de ardere, unele rezervoare, ca şi cazanele de apă fierbinte de 50 şi 100 Gcal/h;

— reducerea la minimul necesar a spaţiilor de circulaţie.

Prin aceste metode, volumul şi suprafaţa specifică au scăzut sensibil, încadrîndu-se în valorile de la centralele moderne de pe plan mondial. În figurile 10 şi 11 se arată încadrarea indicilor de volum (m^3/kW) şi suprafaţă (m^2/kW) în indicii medii din literatură.

Astfel, dacă la centrala Comăneşti volumul specific era de 3 100 m^3/MW, la centrala Brazi a ajuns la 980 m^3/MW, iar la centrala Luduş II va fi de 640 m^3/MW (fig. 10).

De asemenea, suprafaţa specifică ocupată de clădirea principală în cadrul centralelor termoelectrice a scăzut de la 120 m^2/MW la centrala Comăneşti, la 33 m^2/MW la centrala Brazi şi va ajunge la 20 m^2/MW la centrala Luduş II (fig. 11).

Toate aceste valori cît şi valorile pentru celelalte centrale se plasează în zona realizărilor altor ţări (după K. Schröder, Grosse Dampfkraftwerke, vol. II, Springer, 1962).

Indicii de volum şi suprafaţă, evidenţiaţi mai sus, nu sînt cei mai reprezentativi, deoarece centralele diferă între ele ca puteri instalate, combustibil, mărime de grupuri etc.

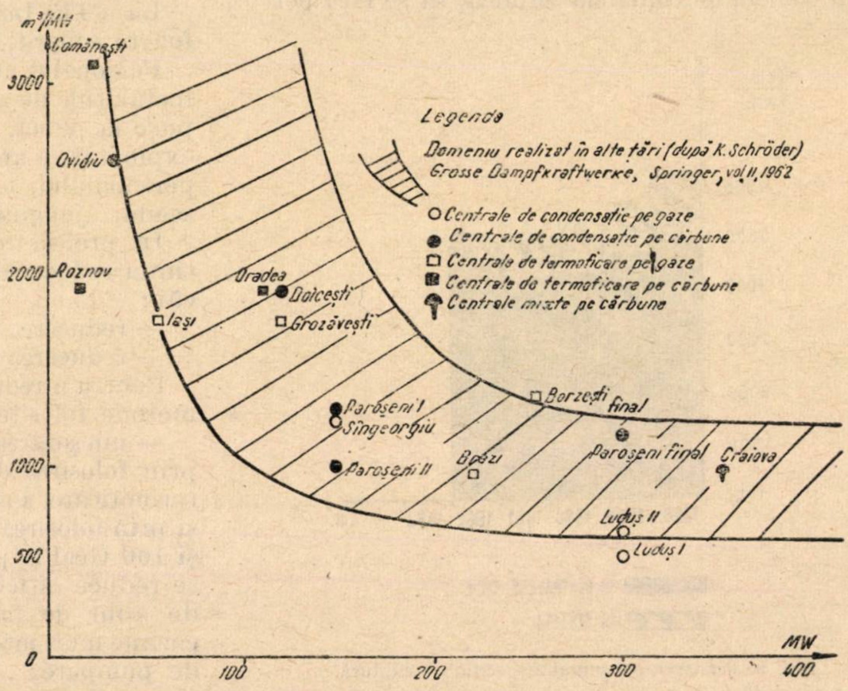


Fig. 10. Variaţia volumului specific al clădirii principale cu puterea centralelor.

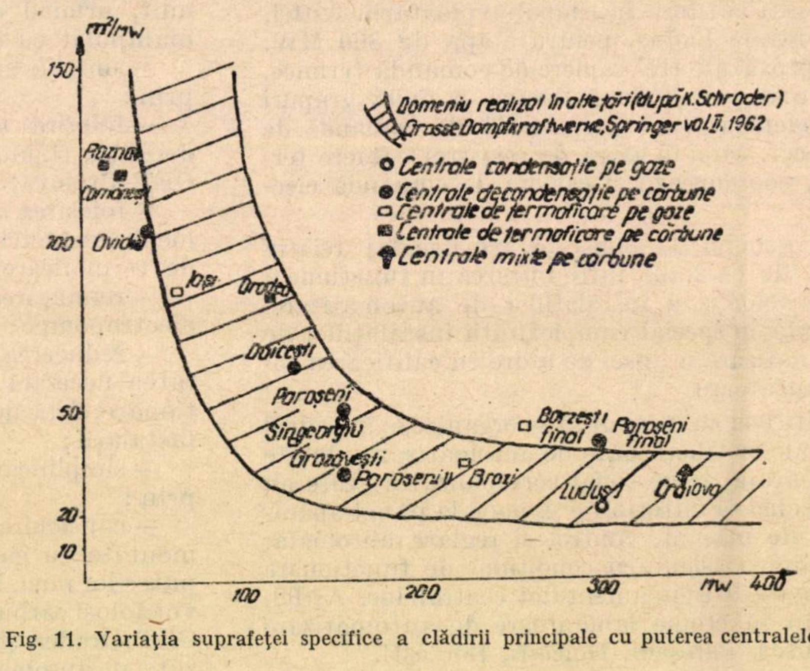


Fig. 11. Variaţia suprafeţei specifice a clădirii principale cu puterea centralelor.

Comparînd centrale cu parametri diferiţi, dar cu aceeaşi putere instalată şi acelaşi combustibil folosit (Doiceşti 120 MW, Paroşeni etapa I 150 MW şi Paroşeni etapa II 150 MW), se constată aceeaşi reducere sensibilă a indicilor de volum şi suprafaţă ca urmare a folosirii grupurilor din ce în ce mai mari şi a adoptării unor soluții mai moderne de dispoziție a echipamentului (fig. 12).

Cu privire la execuția în aer liber a centralelor, problema a fost examinată și este în continuare în atenția proiectanților. Din proiectele centralelor studiate în variantele exterior sau interior n-au rezultat însă economii sensibile pentru varianta în montaj exterior, economii care să compenseze riscurile suplimentare ce apar în cazul exploatării în aer liber.

Problema poluării atmosferei prin evacuarea gazelor de ardere de la centrală (în special cele funcționînd pe cărbune) a fost soluționată prin :

— mărirea gradului de împrăștiere, prin construcția unor coșuri de mare înălțime (160 m la CET Craiova) ;

— instalarea de filtre combinate mecanice și electrice, cu un grad de reținere de 98 —99%.

La centralele construite în centre aglomerate și în zone cu condiții nefavorabile unei bune împrăștieri, s-a prevăzut posibilitatea alimentării temporare cu combustibil cu conținut mic de sulf, gaze sau păcură, și s-au montat semnalizatoare la sol, astfel ca în cazul unei depășiri a concentrației admisibile să se poată trece pe combustibil superior (CTE Paroșeni).

În construcțiile de termocentrale s-a examinat permanent posibilitatea introducerii tuturor elementelor accesibile de tehnică nouă, adică industrializarea maximă a lucrărilor de construcții, folosirea în primul rînd a prefabricatelor, a căror eficacitate economică trebuie mărită prin tipizare, prin producția lor industrială și prin introducerea precomprimării. Aplicarea măsurilor de tehnică nouă indicate mai sus conduce la reducerea costului lucrărilor prin : mărirea productivității muncii, scurtarea termenelor de execuție și reducerea substanțială a consumurilor de materiale.

În construcția centralelor termoelectrice, elementele geometrice și dispoziția generală sînt dictate de principalele obiecte tehnologice și de legătura lor în cadrul fluxului tehnologic. Din aceste motive, dispoziția structurilor s-a conceput atît în secțiune transversală cît și în lungul clădirilor, într-un mod la început foarte variat.

Primele realizări în domeniul construcțiilor de centrale s-au caracterizat prin elemente de structură monolită.

La realizarea ultimelor lucrări, procentul de elemente prefabricate, din volumul construit, crește din ce în ce mai mult. Construcțiile termoelectrice au căpătat, ca secțiune transversală și dispoziții în plan, aspecte noi.

În construcția centralelor de termoficare industrială echipate cu grupuri de 3 —6 MW (Luduș, Bucecea, Blaj, Gherla), s-a folosit ca structură (stîlpi, grinzi) beton armat monolit, acoperișurile din beton monolit, ferme metalice sau ferme prefabricate. Prefabricatele s-au limitat în general la plăci sau chesoane de acoperiș. Începînd cu centrala de termoficare industrială Popești-Leordeni (1960), s-a trecut la prefabricarea aproape integrală a suprastructurii (stîlpi, grinzi de pod rulant, ferme de acoperiș, chesoane, ferestre, panouri și elemente de fațadă), aplicîndu-se un proiect cu o concepție simplă și clară. Succesul acestei lucrări a determinat refolosirea lui în anii 1961 —1963, cu îmbunătățiri succesive, la centralele „23 August" Călărași, Pipera, Pitești etc.

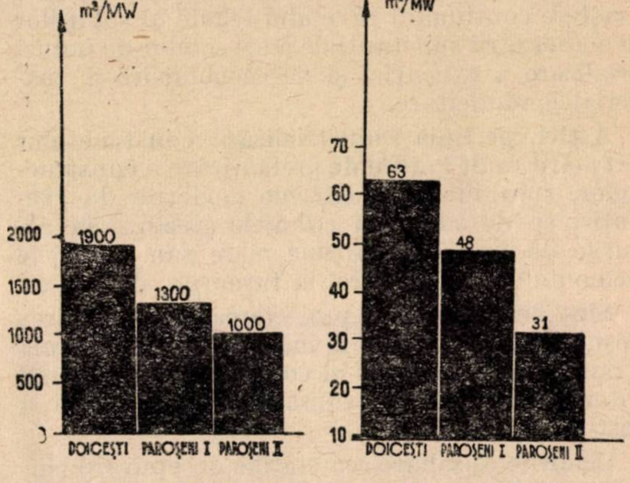


Fig. 12. Evoluția indicilor de volum și suprafață la centralele de 120 și 150 MW.

Experiența cîștigată prin executarea centralelor mici, prefabricate, a demonstrat posibilitatea industrializării maxime a acestor tipuri de construcții și a stat la baza întocmirii unui proiect-tip de centrală industrială cu echipament din țară. Acest proiect prevede prefabricarea integrală a suprastructurii, separarea clădirilor-anexă în vederea simplificării execuției lor și rezolvarea ușoară a sălii cazanelor cu acoperișul rezemat pe cazane.

Centralele mari construite sînt în majoritate unicate, deoarece atît condițiile tehnologice, varietatea echipamentului energetic cît și felul combustibilului și modul de răcire sînt factori care intervin la alegerea diverselor soluții. Totuși, și în constucția centralelor mari se poate vorbi deocamdată de structuri mixte, prefabricate și monolit.

Pe viitor este probabil ca gradul de utilizare a prefabricatelor să crească și în construcția centralelor termoelectrice de mare putere. Chiar de acum, la centrala București-sud, gradul de prefabricare a părții supraterane a clădirii principale atinge 95% ; aici elementele principale se execută în tipare metalice, iar îmbinările se fac prin sudura cap la cap a barelor de oțel-beton. Montajul se face folosind macarale puternice pe șenile și macarale-turn de mare capacitate.

La centralele Luduș și Iași (în construcție) se experimentează folosirea cofrajelor glisante pentru executarea stîlpilor înalți care limitează sala mașinilor. Se contează ca prin acest procedeu să se realizeze termene scurte de execuție, economii importante de material lemnos și o structură de rezistență cu bună comportare antiseismică.

Se remarcă în toată perioada de 15 ani o creștere continuă a nivelului tehnic al soluțiilor și a abordării substanțiale a aspectelor de industrializare a execuției și de economisire a materialelor deficitare.

Astfel, pe linia industrializării construcțiilor s-a mărit mult gradul de prefabricare a construcțiilor, s-au introdus sisteme moderne de execuție, ca de exemplu cofrajele glisante la coșurile de fum de înălțime mare sau cofrajele demontabile (pășitoare) la turnurile de răcire.

Sînt de menționat proiectarea și construirea coșului de fum de 160 m înălțime de la centrala Craiova, coș executat în condiții de iarnă, cînd viteza maximă de avansare a construcției a fost de 3,5 m/zi.

Clădirile auxiliare, ca stațiile de epurare chimică, atelierele și magaziile, au fost de regulă comasate într-un singur volum, utilizînd pentru structură prefabricate de beton armat. Aceste soluții au condus la reducerea suprafeței incintei centralei și deci la micșorarea suprafeței expropriate, fără a se afecta fluxul tehnologic al centralei.

De asemenea, construcția turnurilor de răcire, a coșurilor de fum, a gospodăriei de combustibil lichid etc. a putut fi tipizată și, în limita economicității, prefabricată, cu condiția adaptării lor la caracteristicile de fundare în terenuri diferite.

Turnurile de răcire cu tiraj natural s-au construit dintr-un schelet de susținere din prefabricate de beton armat, iar dispozitivul de răcire s-a realizat cu plăci de azbociment. În construcția turnurilor de răcire cu tiraj artificial se utilizează structuri parțial sau integral prefabricate.

Soluții noi s-au introdus la elementele de închidere ale fațadelor. Aici au început să se utilizeze panouri prefabricate de închidere fie pline, fie panouri-ferestre, ceea ce permite o eliminare a consumului de manoperă și a schelelor necesare în cazul fațadelor din cărămidă.

La întocmirea planului general al amplasării centralelor s-a ținut seamă în primul rînd de dispoziția echipamentului principal, de asigurarea cu precădere a unui flux tehnologic cît mai rațional, de rezolvarea cerințelor de structură și arhitectură legate de o rațională desfășurare a lucrărilor de execuție și de realizarea unui complex arhitectural ales.

La centralele termoelectrice amplasate în mari complexe industriale, cum ar fi: Borzești, Suceava, Brazi, Craiova, izolate sau amplasate în orașe, construcțiile energetice au din punct de vedere arhitectural un aspect specific, dat de dimensiunile mari ale clădirilor principale, cu înălțimi de peste 40 m și fațade care depășesc uneori 100 m, de turnurile de răcire hiperbolice și de aparatajul stațiilor de transformare cu păienjenișul ordonat al cadrelor și conductoarelor electrice.

Realizările de pînă acum în domeniul energeticii, fie că ne referim la centralele termoelectrice mari, la centralele de termoficare industrială sau stații de transformare, au căutat să se încadreze ca arhitectură pe linia marilor realizări în domeniul industrializării socialiste, să formeze un tot armonios dezvoltat și încadrat în planul de sistematizare a zonei industriale unde au fost amplasate.

*

Ca rezultat al progresului tehnic realizat în construcția centralelor termoelectrice, al soluțiilor tehnice moderne aplicate în toate ramurile tehnice (mecanică, automatizări, electrice, construcții și arhitectură), care împreună conduc la realizarea acestor centrale termoelectrice — în care se produce energia electrică și termică —, prețul de cost al kWh a scăzut considerabil.

Centrala termoelectrică Luduş

Ing. **M. Kraft**
director al CTE Luduş

şi

Conf. ing. **C. Moţoiu**
şef proiect în Institutul de studii şi proiectări energetice

Centrala termoelectrică de condensaţie Luduş constituie pentru sistemul energetic R.P.R. unul dintre nodurile cele mai importante, prin puterea sa instalată, indicii superiori de producţie şi poziţia sa în configuraţia sistemului.

Această centrală a fost concepută în 1958, în cadrul convenţiei de colaborare în domeniul energiei între R.P.R. şi R.S.C., ca o mare unitate de producţie de energie, amplasată la sursa de combustibil — gazul metan —, unitate de la care porneşte şi linia de interconexiune de 400 MW dintre sistemul R.P.R. şi cel al R.S.C.

În prima etapă, această centrală a fost construită cu o putere instalată de 300 MW în trei blocuri de 100 MW, urmînd ca în faza finală să atingă o putere de 600 —700 MW. Încă înainte de încheierea primei etape, profilul centralei a fost extins la 800 MW şi în momentul de faţă este în construcţie tranşa a doua a centralei, compusă din al patrulea bloc, de 100 MW, şi două blocuri de 200 MW.

Amplasamentul centralei Luduş a fost ales pe baza unor calcule tehnico-economice, situîndu-se în zona surselor de combustibil gazos, pentru a putea valorifica rezervele de gaze cu nivel coborît de presiune şi totodată pe un curs de apă care să asigure o răcire cît mai eficientă. La alegerea amplasamentului s-a ţinut seamă, de asemenea, de situaţia cea mai bună din punctul de vedere al lungimii liniilor principale de transport de energie, deci al problemei transportului energiei, în comparaţie cu lungimea traseelor conductelor de alimentare cu gaze.

Pe baza acestor criterii fundamentale, zona de amplasare optimă a centralei s-a dovedit a fi Ardealul central, pe cursul mijlociu al rîului Mureş, în apropiere de Luduş, iar amplasamentul ales la vest de comuna Iernut a fost precizat prin cercetarea topografică, hidrologică şi geologică a terenurilor din această zonă.

Din punct de vedere electric, centrala este legată prin linia de 400 kV la sistemul R.S.C., prin linii de 220 kV de nodurile mari ale sistemului energetic naţional şi prin linii de 110 kV se efectuează distribuţia de energie pe plan regional.

Primul agregat al centralei a intrat în exploatare în octombrie 1963, iar pînă în august 1964, în cinstea celei de-a douăzecea aniversări a eliberării patriei, întreaga tranşă de 300 MW a primei etape este dată în funcţiune.

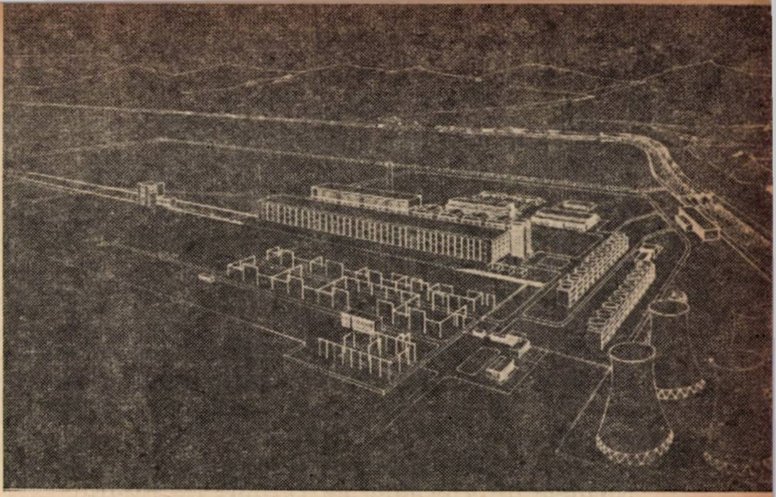


Fig. 1. Perspectiva centralei Luduş la profilul de 800 MW.

Proiectarea primei etape a centralei s-a făcut de Institutul de studii şi proiectări energetice din Bucureşti (ISPE) în colaborare cu institutul Energoprojekt din Praga, iar proiectarea celei de-a doua etape de către ISPE în colaborare cu furnizorul ZVIL din R.S.C. şi cu institutul Teploelektroproekt din Moscova, ISPE fiind proiectantul general.

Amplasamentul centralei; concepţia planului general

Rîul Mureş se caracterizează prin diferenţe mari de nivel între cota apelor minime şi cota apelor mari; pentru a preveni pericolul de inundaţii, centrala a trebuit să fie amplasată pe o terasă mai ridicată din apropierea rîului.

În felul acesta s-a beneficiat de un teren bun de fundare, avînd la partea superioară nisipuri şi pietrişuri şi, la o adîncime de circa 3,5 —4 cm, roca de bază marna, pe care s-au putut funda construcţiile principale, cu o rezistenţă admisibilă de 4 kgf/cm^2.

Apa subterană a fost întîlnită la nivelul marnei şi numai în cantităţi relativ mici, ceea ce a simplificat lucrările subterane, avînd efecte pozitive asupra vitezei de lucru şi a reducerii costului părţii de construcţie. Parţial, chiar balastul excavat din săpături a putut fi folosit în construcţii la betoane.

Amplasamentul se găseşte în aval de un cot al Mureşului şi a permis ca întreaga concepţie a planului general să se bazeze pe o apropiere cît mai mare a clădirii principale faţă de priza de apă, evitînd un circuit hidrotehnic cu aducţiuni lungi, care caracterizează în general amplasamentele centralelor de la noi din ţară.

Cota de amplasare s-a fixat pe bază de calcule economice, care au ţinut seamă de investiţiile necesare pentru corectarea prin excavaţie a nivelului centralei şi cheltuielile pentru apa de răcire în condiţiile unei scheme de răcire complexe, cu recuperarea parţială a enegiei hidraulice de pompare.

Cota aleasă pentru clădirea principală şi instalaţii hidrotehnice a fost cu circa 7 m deasupra nivelului normal de retenţie al apelor Mureşului la baraj, cu circa 1 m deasupra cotei apelor maxime (cu probabilitate 0,01%) și în medie cu circa 1 m mai coborîtă decît nivelul fostului teren natural, iar stațiile electrice au fost păstrate la cota terenului natural, la un nivel cu circa 1,9 m mai sus decît nivelul clădirii principale.

Rîul Mureș nu poate asigura în întregime în tot timpul anului debitul necesar pentru răcire, și deci, ca la toate centralele termoelectrice situate pe rîurile interioare din R.P.R., răcirea se face în circuit mixt, fiind completată în perioadele de ape mici cu turnuri de răcire.

Clădirea principală este orientată practic în aceeași direcție cu direcția de curgere a rîului, la o distanță de circa 200 m de mal, cu sala mașinilor spre sud și cu cazanele spre rîu. Apa preluată prin pompare de la rîu sau din bazinele turnurilor de răcire este adusă prin scurgere liberă prin canale de beton în fața sălii mașinilor, iar apa caldă părăsește centrala, traversînd sala cazanelor și fiind evacuată înapoi în rîu prin canale de apă caldă din beton, cu scurgere liberă, cu o lungime medie de 250 m. Înainte de restituire, apa caldă trece printr-o mică centrală hidroelectrică de recuperare.

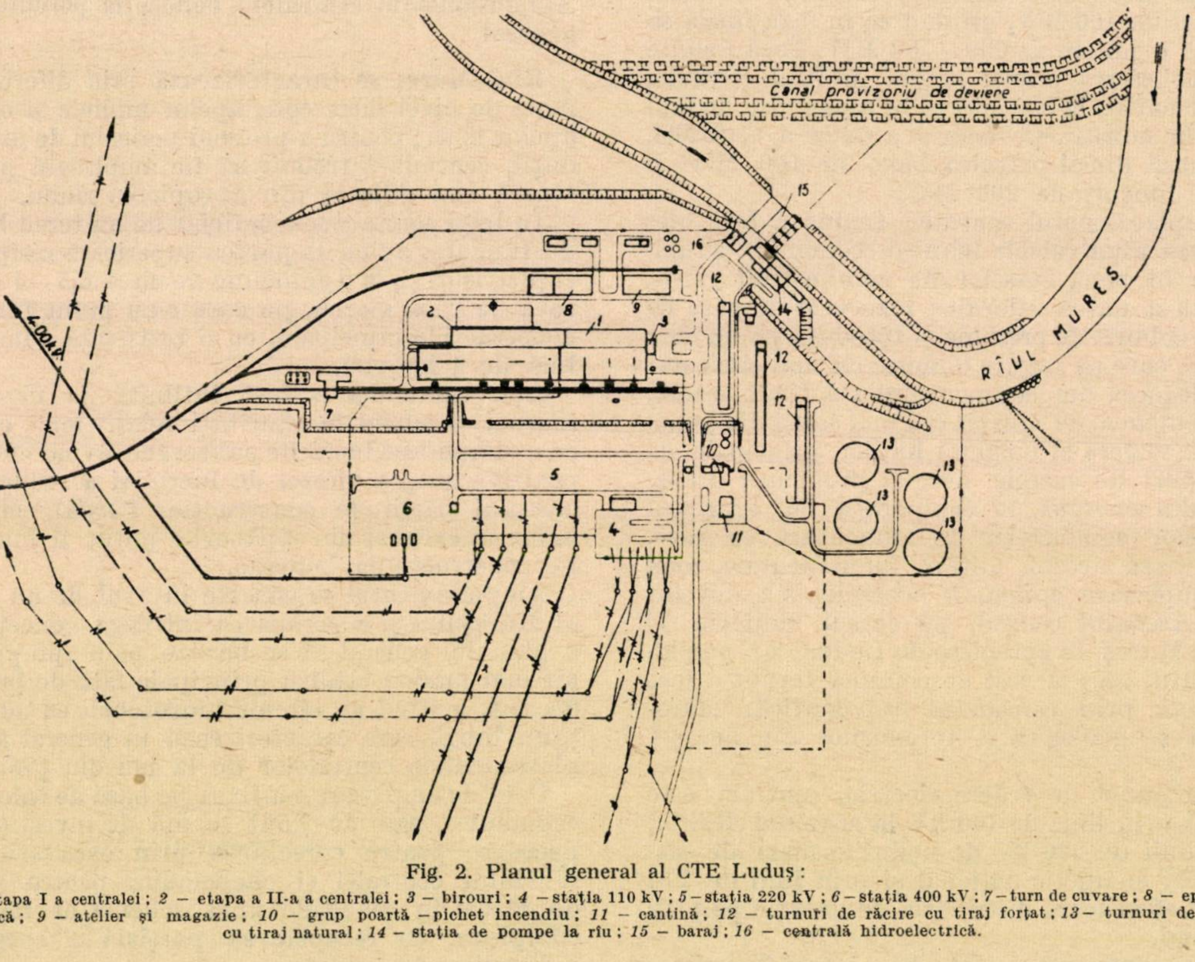


Fig. 2. Planul general al CTE Luduș:

1 — etapa I a centralei; *2* — etapa a II-a a centralei; *3* — birouri; *4* — stația 110 kV; *5* — stația 220 kV; *6* — stația 400 kV; *7* — turn de cuvare; *8* — epurarea chimică; *9* — atelier și magazie; *10* — grup poartă — pichet incendiu; *11* — cantină; *12* — turnuri de răcire cu tiraj forțat; *13* — turnuri de răcire cu tiraj natural; *14* — stația de pompe la rîu; *15* — baraj; *16* — centrală hidroelectrică.

Soluția de dispoziție aleasă, posibilă la centrale cu cazane cu combustibil gazos, din cauza lipsei de trasee subterane în sala cazanelor pentru evacuarea zgurei, a permis o simplificare importantă a zonei de aducere a apei din fața sălii mașinilor, evitînd încrucișări grele între traseele de apă rece și caldă.

Concepția dispoziției centralei a pornit de la ideea concentrării construcțiilor într-un număr cît mai redus de obiecte. Astfel, clădirea principală face corp comun cu laboratoarele și birourile tehnice, iar atelierul de reparații și magazia sînt comasate.

Pavilioane separate sînt camera de comandă a stațiilor electrice, instalațiile de tratare chimică a apei, turnul de decuvare și reparare a transformatoarelor, necesar la CTE Luduș din cauza numărului mare de transformatoare și a lipsei de posibilități de reparare în regiune, stația de pompare de la rîu, corpul de poartă cu intrarea, precum și obiectele pe care normele de protecție contra incendiului le impun drept clădiri separate, ca stațiile de reglare a gazelor și depozitul pentru buteliile de hidrogen.

Legătura de cale ferată pentru centrală a fost adusă de la gara cea mai apropiată, situată la o distanță de circa 1,7 km, iar legătura de drum, cu o lungime de circa 1,5 km, se derivează din șoseaua națională Turda — Tg. Mureș.

Locuințele personalului de exploatare se găsesc în comuna învecinată Iernut, situată la circa 6 km de amplasament.

Ca urmare a sistematizării dispoziției centralei, întreg teritoriul, inclusiv zona instalațiilor hidrotehnice, ocupă suprafețele indicate în tabela 1.

Tabela 1

Indici de bază ai planului general

	U. M.	Etapa I, 300 MW	Etapa a II-a 800 MW
Suprafața totală a incintei	ha	19,7	29,4
Suprafața specifică	$\frac{ha}{MW}$	0,0655	0,0368
Structura suprafeței centralei:			
— zona obiectelor tehnologice	ha	7,5 (38,1%)	9,2 (31,4%)
— zona turnurilor de răcire	ha	1,4 (7,1%)	8 (27,2%)
— zona stațiilor electrice	ha	9,2 (46,5%)	9,8 (33,4%)
— diverse zone (platforme de montaj și drumuri)	ha	1,60 (8,3%)	2,40 (8%)
Suprafața totală ocupată de construcții	ha	11,34	17,82
Gradul de utilizare a terenului	%	57,6	60,6

În figura 2 se poate urmări dispoziția planului general al CTE Luduș.

Instalațiile mecanice ale centralei

Echipamentul centralei Luduș din prima etapă și din extinderea cu al patrulea bloc de 100 MW și două blocuri de 200 MW este unitar în ceea ce privește parametrii aburului.

Presiunea aburului la ieșirea din cazane este de 139 ata și temperatura 570°C $^{+5}_{-10.0}$°C, cu supraîncălzire intermediară la 540°C pentru blocurile de 100 MW și de 570°C pentru cele de 200 MW. Prin adoptarea acestor parametri, la limita superioară de folosire a oțelurilor neaustenitice, s-a căutat să se obțină performanțele tehnice cele mai bune care erau economic raționale pentru gama de puteri unitare 100—200 MW.

Echipamentul principal al primei etape este livrat de R.S.C. Cazanele, cu un debit maxim de abur de 330 t/h, sînt construite de fabrica PBKZ din Brno și sînt de tipul cu circulație naturală.

Cazanul are trei drumuri de gaze și este conceput pentru o dispoziție semiexterioară, cu ventilatoarele de aer și de gaze de ardere dispuse sus, lateral față de cazan, pe construcții intermediare de beton.

Focarul este împărțit într-o cameră inferioară de ardere și una superioară, cu o strangulare între ele, iar arzătoarele sînt dispuse în partea inferioară, pe două laturi opuse. Inițial au fost prevăzute cîte 12 arzătoare principale și 6 arzătoare suplimentare în camera superioară. Experiența exploatării primului cazan a condus la concluzia că este necesar să se folosească exclusiv arzătoarele principale de jos, iar în momentul de față toate cazanele au fost reconstruite după acest sistem.

În drumul al doilea de gaze se găsește partea convectivă finală a supraîncălzitorului primar, care are ultimele serpentine din oțel austenitic, supraîncălzitorul intermediar și o parte din economizor. În drumul al treilea de gaze este instalată prima treaptă de economizor și preîncălzitorul de aer.

Reglajul grosier de temperatură al cazanului se face prin recirculația gazelor de la ieșirea din cel de-al doilea drum de gaze spre focar. Reglajul fin de temperatură se face prin injecție de apă sistem Dolezal, folosind condensat de la aburul saturat din tambur.

Randamentul garantat al cazanului este de 93%.

Turbina cu abur este furnizată de fabrica „V. I. Lenin" din Plzen, care de altfel este și furnizorul general al echipamentului pentru centrală. Puterea nominală a turbinei este de 100 MW, avînd presiunea aburului înaintea ventilului de admisie 130 ata și temperatura 565°C. Temperatura de intrare după supraîncălzirea intermediară este de 535°C.

Turbinele primei etape a centralei Luduș sînt de tipul cu acțiune cu trei corpuri și opt prize de abur pentru preîncălzirea apei de alimentare. Corpul de înaltă presiune conține roata Curtis de reglaj și opt trepte de acțiune, corpul de medie presiune 12 roți cu acțiune, iar corpul de joasă presiune, în dublu flux, cîte patru trepte de acțiune.

Ținînd seamă de valoarea medie anuală a temperaturii apei de răcire în sistemul de răcire în circuit mixt, s-a ales ca temperatură nominală pentru condensator + 15°C. Puterea de 100 MW a turbinei este însă asigurată pînă la temperatura apei de răcire de 28°C.

Fiecare turboagregat are două condensatoare cu două căi de apă, cu un consum total de apă de răcire de 11 500 m^3/h. Condensatoarele sînt prevăzute cu ejectoare cu apă, ale căror pompe se găsesc montate împreună cu pompele de răcire într-un bazin comun. Fiecare grup are două pompe de răcire pentru cîte 60% din debit și două pompe de ejector, toate cu ax vertical. Fiecare condensator este divizat în compartimente pe partea de condensat, așa că, în mod selectiv, condensatul eventual impurificat, din cauza neetanșeităților, poate fi retrimis la stația de tratare chimică.

Primele două trepte ale preîncălzitoarelor de joasă presiune de la preîncălzirea apei de alimentare, care funcționează sub presiunea atmosferică, se găsesc montate direct în corpul de joasă presiune al turbinei. Preîncălzitoarele de înaltă presiune sînt prevăzute cu răcitoare de abur, așa cum se poate urmări și în schema termică de principiu din figura 3. Temperatura finală de preîncălzire este de 235°C.

Consumul specific garantat al ciclului termic, pentru o temperatură a apei de răcire de 15°C, este de 2 020 kcal/kWh, măsurat la bornele generatorului.

Degazorul lucrează la presiune constantă de 6 at. Fiecare bloc are trei pompe de alimentare cu debitul 60% din debitul de abur al cazanului. Pompele lucrează la o temperatură de 158°C și refulează un debit maxim de 200 t/h, la o presiune de 185 at. Toate pompele au reglaj de turație prin cuple hidraulice Voith și sînt antrenate de motoare electrice cu puterea 1 850 kW.

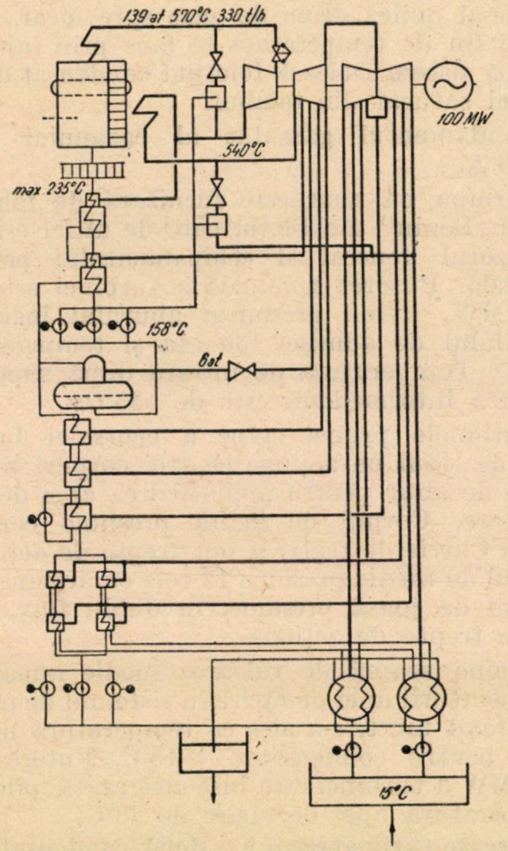


Fig. 3. Schema termică de principiu a centralei.

Dispoziția utilajului în clădirea principală a primei etape a avut în vedere particularitățile pe care le oferă construcția cazanului cu combustibil gazos în privința gabaritelor (fig. 4). Turbinele, dispuse transversal în sala mașinilor, folosesc o sală cu deschiderea de 35 m și o distanță între grupuri de 27 m. Pe partea cazanelor, în această distanță a putut fi dispus atît cazanul, cît și corpul de construcții, care cuprinde la parter serviciile interne electrice ale blocului, la cota de deservire camera de comandă, iar la cote superioare rezervoarele circuitului termic, degazorul și, în sfîrșit, ventilatoarele de aer și gaze.

Soluția de corpuri de servicii interne între cazane și în sala cazanelor, lipită de cea a mașinilor, a permis să se scurteze la minimum conductele principale de legătură între cazan și turbină și să se obțină o dispoziție compactă, cu un volum al sălii mașinilor de 0,282 m³/kW, respectiv o suprafață de 0,010 m²/kW și indice global de volum al clădirii principale de 0,547 m³/kW (suprafață 0,0199 m²/kW).

La extinderea centralei Luduș, echipamentul principal urmează a fi livrat de U.R.S.S. Cazanele de abur, cu un debit maxim de 640 t/h, sînt de tipul cu străbatere forțată (Ramzin), construite de fabrica din Podolsk. Cazanele sînt de tip interior, cu două drumuri de gaze, și au o construcție cu două corpuri independente, pe un schelet metalic comun. Arzătoarele sînt instalate pe ambele părți laterale ale fiecărui corp de focare. Cazanul este prevăzut cu preîncălzitor de aer rotativ, montat în exterior la sol, după care gazele de ardere de la ambele blocuri sînt evacuate printr-un coș de fum comun din beton armat, înalt de 80 m. Cu o temperatură la evacuarea gazelor de ardere de 130°C, cazanul are un randament garantat de 92%.

Turbina de 200 MW, de fabricație LMZ, este de asemenea de tipul cu acțiune, cu trei corpuri, cu corpul de joasă presiune cu dublu flux de abur.

Temperatura apei de răcire este la aceste grupuri mai ridicată, fiindcă se bazează pe o durată mai mare de funcționare cu răcirea în circuit închis, cu turnuri cu tiraj natural. Temperatura nominală pentru care se garantează consumul specific este 24°C, iar valoarea consumului este de 2 065 kcal/kWh. Turbina are șapte trepte de preîncălzire și o temperatură finală a apei de alimentare de 230°C.

Fiecare turboagregat are două condensatoare prevăzute cu ejectoare cu abur și divizate pe părți de condensat într-o zonă centrală și două compartimente marginale.

Degazoarele termice lucrează la presiunea de 6 at, iar pompele de alimentare, cîte trei pe bloc, sînt antrenate cu motoare electrice prin cuple hidraulice, fiind dimensionate după aceleași criterii ca și pompele blocurilor de 100 MW.

Dispoziția unităților de 200 MW din extindere a făcut obiectul unor studii comparative amănunțite. S-a cercetat în alternativă dispoziția clasică transversală, cu corp de degazoare între sala mașinilor și sala cazanelor, formînd un corp de construcție separat de clădirea existentă, și dispoziția longitudinală a

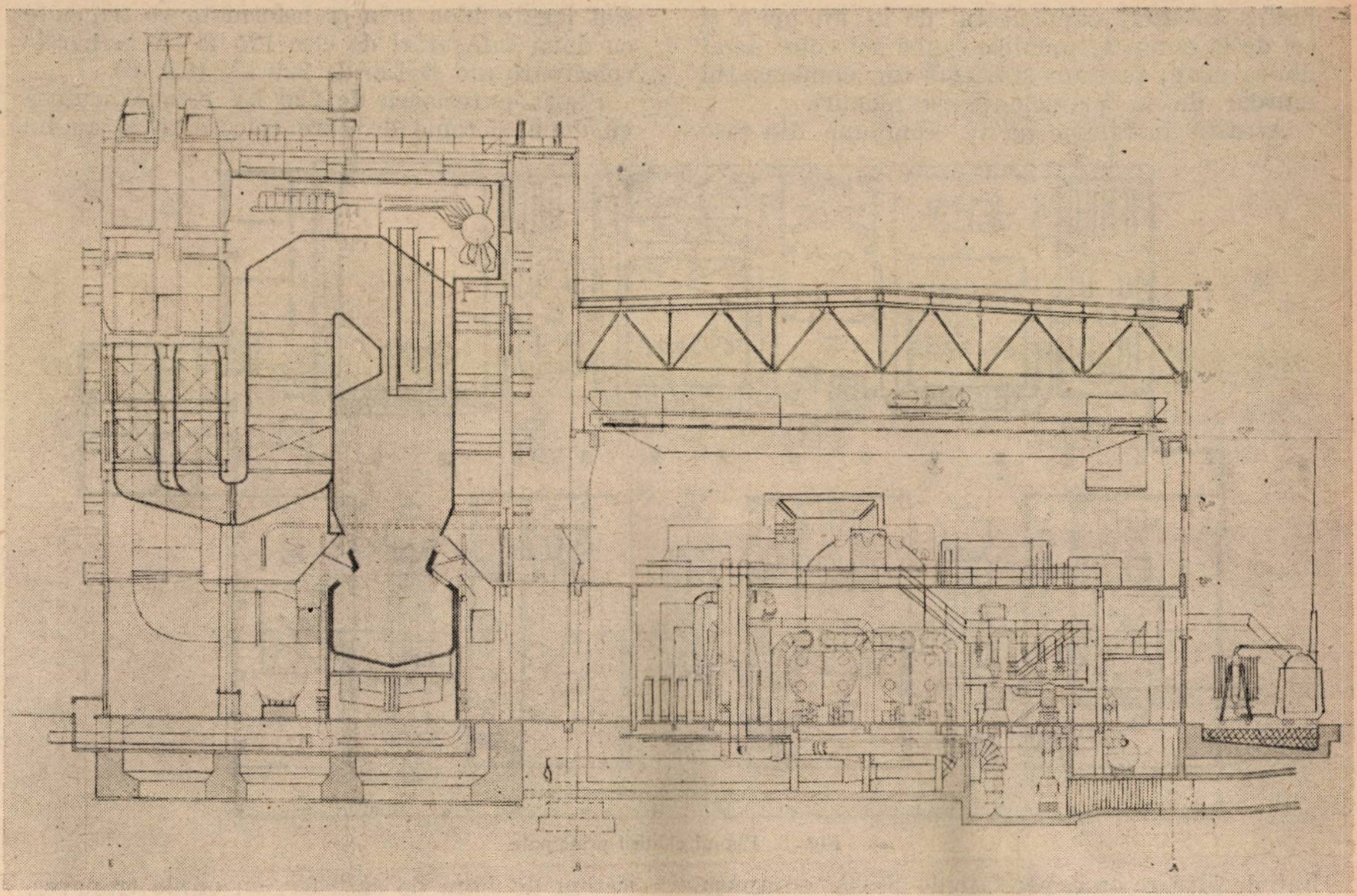


Fig. 4. Secţiune transversală prin clădirea principală—blocul 100 MW.

grupului, în prelungirea sălii de maşini existente.

Soluţia aleasă este cea cu sală de maşini unică, în care exploatarea se face în mod unitar la ambele etape, arătată în planul din figura 5, în care cazanele sînt lipite de sala maşinilor, iar camera de comandă, avînd deasupra degazoarele ambelor blocuri, se găseşte amplasată între blocurile 5 şi 6.

Această dispoziţie coincide cu soluţia adoptată la noi în ţară pentru centrala Bucureşti-sud, cu combustibil gazos, sau la alte centrale cu acelaşi combustibil în străinătate, de exemplu Tavazanno II, în Italia.

Podul rulant al sălii maşinilor a fost dimensionat pentru capacitatea de ridicare corespunzătoare reparaţiilor grupurilor. În etapa I s-a instalat un pod de 50/10 t (max. 63 t), iar în etapa a II-a se va adăuga un al doilea pod similar.

Pentru montajul statoarelor generatoarelor, la centrala Luduş s-a adoptat soluţia folosirii unui dispozitiv special de ridicare din vagon şi de introducere pe fundaţii. Această operaţie se face folosind deschiderea dintre stîlpii de faţadă ai sălii maşinilor, motiv pentru care traveea de construcţii a acestei săli a trebuit aleasă de 6,75 m.

Pentru tratarea chimică a apei de adaos s-a construit o staţie de demineralizare totală, dimensionată acoperitor pentru o capacitate de circa 3% din debitul de abur al cazanelor. Sursa de apă pentru adaos este Mureşul. Apa este tratată în prealabil într-un reactor de coagulare cu var şi clorură ferică şi apoi filtrată. În etapa I sînt instalate două reactoare, în etapa finală vor fi trei. Instalaţia cuprinde trei linii de demineralizare, după schema H—OH—H—OH, cu o capacitate de 30 t/h fiecare, astfel că în prima etapă o linie este permanent în rezervă, iar a doua în regenerare. În final, cînd vor funcţiona două linii, se instalează a patra linie de filtru.

Ţinînd seamă de experienţa funcţionării, precum şi de indicii de calitate impuşi de cazanele cu străbatere forţată de la extindere, instalaţia de tratare se completează cu o treaptă de finisare cu filtru cu pat mixt, şi înainte de filtrele ionice cu o serie de filtre pentru reţinerea substanţelor organice (în special zahăr) care apar în apa Mureşului.

Pentru grupurile de 200 MW se va aplica şi tratarea condensatului. Instalaţia este dimensionată pentru ca să poată curăţa condensatul din compartimentele saline ale ambelor grupuri (270 t/h) şi în caz de nevoie să poată prelua integral condensatul de la un grup și cel de la compartimentele saline ale celui de-al doilea grup, precum și o cotă din condensatul murdar de la primele patru blocuri.

Această instalație se va compune din șase linii de filtrare cu capacitate de 90 t/h, compuse din filtre cu cărbune activ, apoi filtre H puternic acide, în vederea reținerii fierului, și, în final, filtre cu pat mixt. Întreaga instalație de tratare este dispusă într-o clădire specială, în care se prevăd și laboratoarele chimice. Agentul de regenerare pentru filtrele H-cationice este acidul clorhidric.

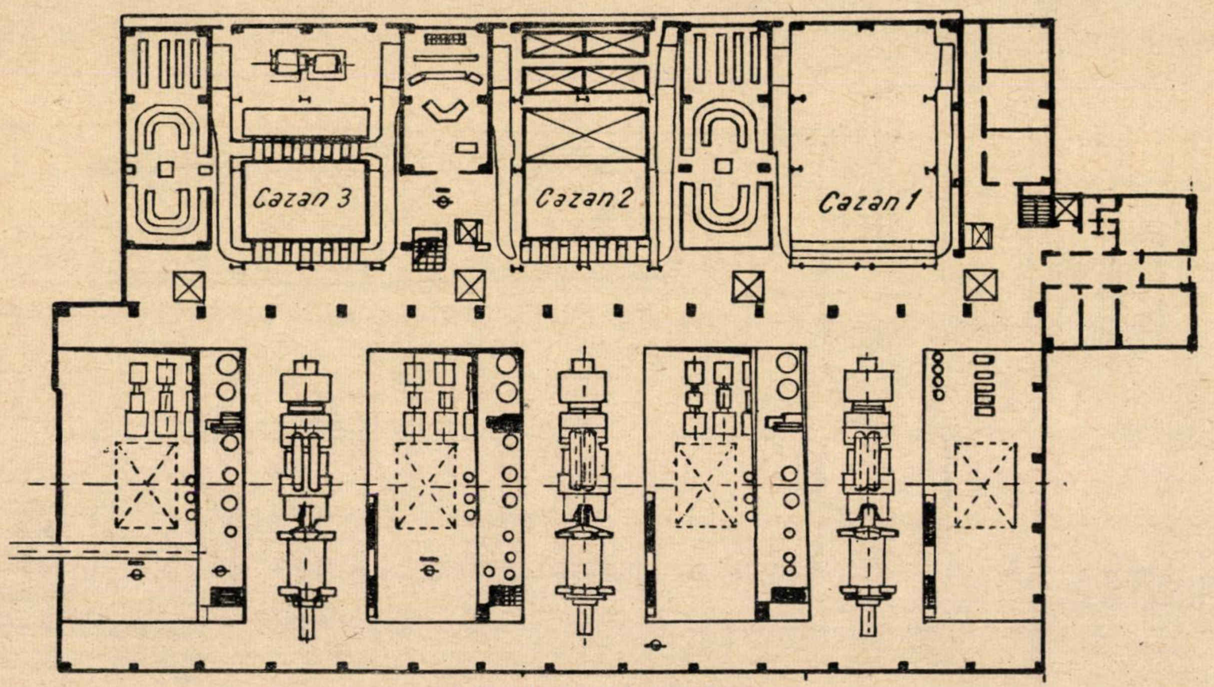


Fig. 5. Planul clădirii principale.

Partea electrică

Tensiunea principală a stațiilor electrice de la CTE Luduș este 220 kV. Turbogeneratoarele de 100 MW ale etapei I, cu tensiunea 13,8 kV, sînt legate bloc prin transformatoare trifazate cu două înfășurări de cîte 125 MVA la barele colectoare ale stației de 220 kV (fig. 6).

Stația exterioară de 220 kV este executată cu două sisteme de bare colectoare și cu un sistem de bare de transfer, cu cuple transversale și de transfer.

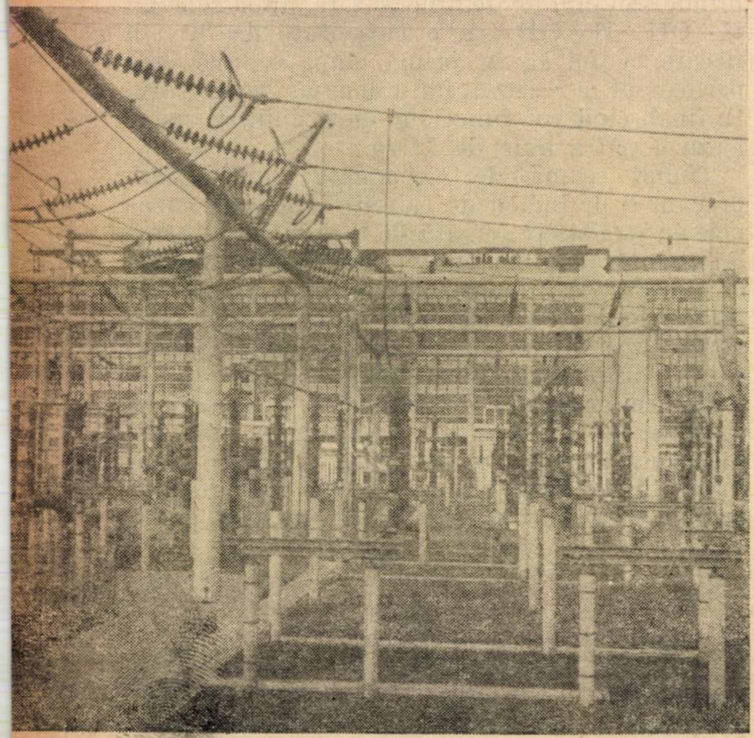
Conectarea tuturor circuitelor la barele de 220 kV se realizează pe baza schemei cu un singur întreruptor. Din această stație urmează a ieși patru linii de 220 kV spre sistem.

Legătura între această tensiune și celelalte două tensiuni de livrare a energiei (110 și 400 kV) se face prin autotransformatoare. Autotransformatorul de 220/110 kV are o putere de 200 MVA, cu tensiunile nominale 231/121/10,5 kV, și se compune din patru unități monofazate (una de rezervă). Autotransformatorul este construit cu reglaj de tensiune sub sarcină în limitele ±16%.

Stația de 110 kV este construită cu dublu sistem de bare în potcoavă și este prevăzută pentru un număr de 6—8 plecări.

Tensiunea de 110 kV constituie la centrala Luduș și sursa de alimentare pentru caz de avarie a serviciilor interne sau pentru pornirea centralei.

Stația de 400 kV are un singur circuit în etapa I, dar în viitor, conform planului de dezvoltare a sistemului energetic, stația poate avea 2—3 plecări. Avînd în vedere această perspectivă, s-au luat de la început măsurile care să permită trecerea imediată a acesteia



← Fig. 6. Vedere în stația de 220 kV.

a schema cu dublu sistem de bare, dintre care un sistem constituie și bară de transfer.

Legătura între stația de 220 și 400 kV este efectuată cu ajutorul a 3 + 1 unități monofazice de autotransformatoare de cîte 133,3 MVA, cu tensiunile nominale 420/231/34 kV. Cu ajutorul unei unități separate de reglaj tensiunea poate fi variată sub sarcină în limitele ±5% la 420 kV.

Autotransformatorul cuprinde în plus pe partea bobinajului de compensare de 35 kV și un număr de cinci bobine de compensare, fiecare cu o putere de 30 MVAr, ce se pot lega după caz în două grupe de cîte trei unități, în vederea compensării longitudinale a liniei de 400 kV.

Schema principială de conexiuni este arătată în figura 7.

Pentru consumatorii de servicii interne ai centralei, s-au prevăzut secții separate de 6 kV pentru fiecare bloc și o secție generală pentru consumatorii comuni ai instalațiilor, situată la stația de pompe de la Mureș, unde se află numărul cel mai mare al acestora. Centrala hidroelectrică urmează să debiteze energia la aceste bare generale de 6 kV. Transformatoarele de 13,8/6,3 kV pentru alimentarea serviciilor interne bloc sînt montate în derivație față de transformatorul principal, cu legături capsulate, fără aparataj de comutație pe partea de înaltă tensiune.

Alimentarea de rezervă și pornire se face în prima etapă printr-un transformator de 110/6,3 kV, 12,5 MVA.

În cea de-a doua etapă, conform indicațiilor balanțelor de putere și circulațiilor pe liniile electrice, a fost necesar ca grupul nr. 4 de 100 MW să fie legat prin cablu în stația de 110 kV, iar grupurile de 200 MW să fie legate la stația de 220 kV, tot prin transformatoare trifazice cu două înfășurări, de 250 MVA, 15,75/242 kV.

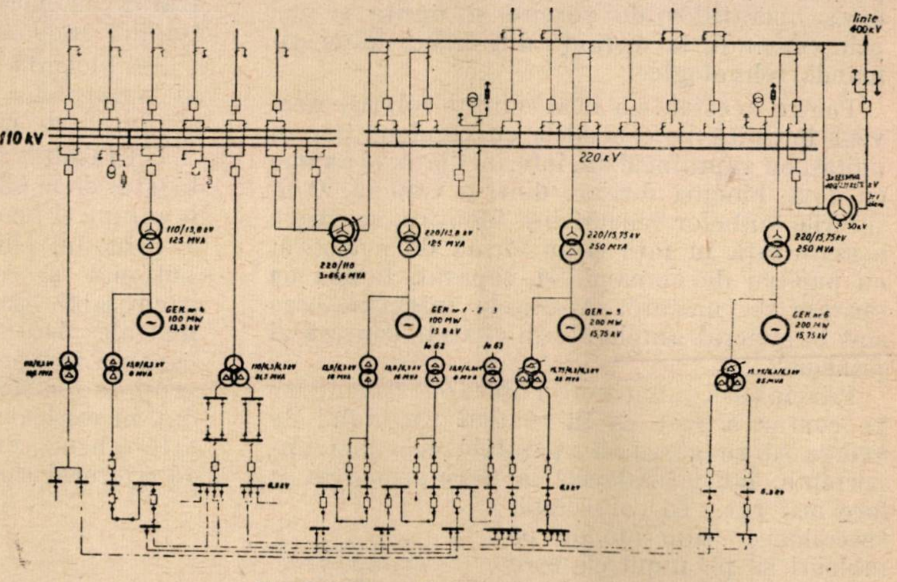


Fig. 7. Scheme electrice de principiu.

Pentru alimentarea serviciilor interne bloc, grupurile de 200 MW au racordate transformatoare cu trei înfășurări, 15,75/6,3/6,3 kV, ceea ce permite să se adopte la serviciile interne o schemă de alimentare cu două secții alimentate separat.

Rezerva de alimentare și pornire pentru blocurile de 200 MW este asigurată de un al doilea transformator de rezervă, de 110/6,3/6,3 kV de 31,5 MVA, racordat la stația de 110 kV.

Serviciile interne de joasă tensiune reiau principiile schemei adoptate la 6 kV și sînt, de asemenea, divizate în servicii-bloc și servicii generale, localizate la consumatori. O categorie specială a acestor consumatori o formează ventilatoarele turnurilor de răcire, pentru care s-a construit o stație de transformare separată.

Aparatajul electric din stațiile de 220 și 110 kV este de construcție R.S.C. Întreruptoarele cu aer comprimat au o putere de rupere de 4 000 MVA la 110 kV și 7 000 MVA la 220 kV.

Aparatajul stației de 400 kV și autotransformatoarele de 220/400 kV sînt de construcție U.R.S.S. Întreruptoarele acestei stații sînt cu aer comprimat și au o putere de rupere de 15 000 MVA.

Conducerea întregului bloc de producție, inclusiv generatoarele electrice, transformatoarele și serviciile interne bloc, se face din camerele de comandă ale blocurilor pentru cîte două agregate și din camera de comandă centrală pentru alimentările barelor de 6 și 0,4 kV de servicii proprii.

Comanda stațiilor electrice se face din camera de comandă electrică a stațiilor (fig. 8), situată între stația de 110 și 220 kV. Concepția acestei camere introduce pentru prima oară în practica din R.P.R. sistemul cu comandă la alegere. De la pupitrul-birou al camerei, prevăzut cu două seturi de chei de comandă, pot fi executate manevrele oricărei celule din stațiile de 110, 220 și 400 kV.

Pe tabloul principal este indicată schema oarbă a instalațiilor electrice, cu aparate de măsură indicatoare-miniatură și indicatoare de poziție rotativă pentru întreruptoare și separatoare.

Acest tip de cameră de comandă a permis să se reducă dimensiunile conturului principal la circa 10 × 12 m și să se realizeze un contur deschis, cu vizibilitate laterală directă asupra stațiilor electrice.

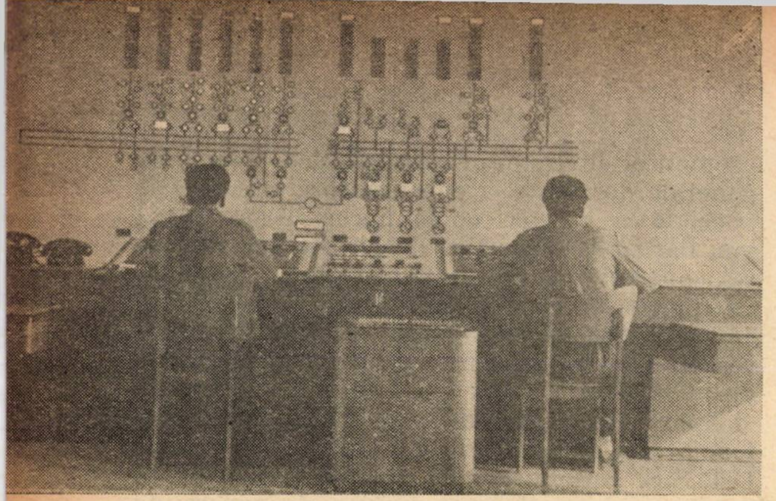


Fig. 8. Camera de comandă electrică.

Instalații de automatizare și control termotehnic

În momentul proiectării centralei Luduș s-a avut în vedere să se adopte la instalații un nivel înalt de automatizare, care să fie rațional din punct de vedere economic și să corespundă importanței pe care aceste unități o au în sistemul energetic național. Conducerea întregului proces tehnologic normal, precum și majoritatea operațiilor de pornire și oprire se fac prin comandă la distanță din camerele de comandă tehnologice.

Pentru acestea s-a întrebuințat soluția, frecvent întîlnită la centralele cu condensație, cu unități cu supraîncălzire intermediară, și anume cu două blocuri dirijate dintr-o cameră. Contururile ambelor blocuri sînt identice, se găsesc așezate față în față și au formă de potcoavă, cu pupitru de comandă și, separat, tablou cu aparate de măsură. Aparatele înregistratoare sînt în general amplasate în spatele conturului principal.

Principiul conducător în așezarea aparatelor pe contur a fost ca în centrul unghiului de vedere să se găsească aparatele cele mai importante, iar lateral cele la care urmărirea se face mai rar. În consecință, succesiunea funcțiunilor pe tablouri și pe pupitrele care corespund tablourilor este: pomparea apei, arderea în cazan, mărimile fundamentale ale circuitului abur-apă, generatorul electric, turbina, circuitul de preîncălzire și serviciile interne.

În centrul tabloului se găsește ecranul prin care se retransmite imaginea televizată a sticlei de nivel de la cazan. Este pentru prima oară în energetica R.P.R. că se folosește televiziunea industrială, iar rezultatele de exploatare în această direcție au fost deosebit de bune.

Amplasarea camerelor de comandă tehnologice între cazane nu a permis să se realizeze și deziderătul de a avea o legătură vizuală directă între cameră și instalații, pereții camerei fiind plini, izolați fonic și termic.

Coordonarea camerelor de comandă ale blocurilor se face din camera centrală a inginerului de serviciu, plasată între cazanele 2 și 3. Aici sînt aduse mărimile esențiale care oglindesc funcționarea agregatelor și, de la un pupitru comun, care cuprinde toate cele șase grupuri ale centralei, dispecerul termic poate indica fiecărui grup programul de funcționare.

În vederea optimizării repartiției, în această cameră de control s-a propus să se instaleze și o mașină electronică de calcul, avînd funcțiunea unei mașini de informații cu scrierea mărimilor urmărite, realizarea calculelor de valori medii și determinarea indicatorilor orari ai funcționării blocului ca ansamblu și ai agregatelor de bază.

În camera centrală se găsesc tablourile de servicii interne generale și tot de aici se conduc și camerele de comandă ale instalațiilor de tratare chimică a apei și ale circuitului hidrotehnic, amplasate local la obiectele respective.

La blocurile de 100 MW, reglajul automat al agregatelor se execută cu ajutorul unui sistem electronic, fără contacte, denumit ERS.

Un rezultat deosebit al exploatării și al montajului de la CTE Luduș este faptul că, practic, la o lună și jumătate de la punerea în funcțiune a primului bloc, întreaga instalație de reglaj automat și comandă la distanță funcționa ireproșabil, ceea ce constituie un timp record, mai ales dacă se ține seamă de faptul că acest cazan a fost prototip, iar turbina a fost primul grup de 100 MW cu supraîncălzire intermediară dat în exploatare la noi. În figura 9 este arătată schema conducerii centralei electrice Luduș cu ajutorul camerelor de comandă.

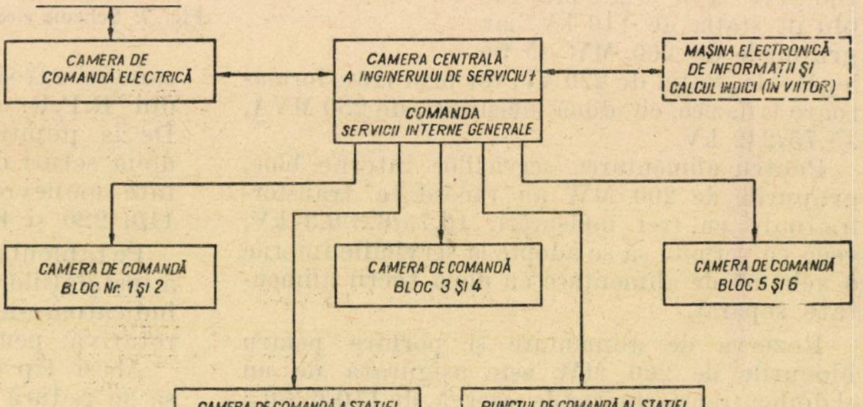

LEGĂTURA CU DISPECERUL SISTEMULUI NAȚIONAL
CAMERA DE COMANDĂ ELECTRICĂ
CAMERA CENTRALĂ A INGINERULUI DE SERVICIU
COMANDA SERVICII INTERNE GENERALE
MAȘINA ELECTRONICĂ DE INFORMAȚII ȘI CALCUL INDICI (ÎN VIITOR)
CAMERA DE COMANDĂ BLOC Nr. 1 ȘI 2
CAMERA DE COMANDĂ BLOC 3 ȘI 4
CAMERA DE COMANDĂ BLOC 5 ȘI 6
CAMERA DE COMANDĂ A STAȚIEI DE TRATARE CHIMICĂ A APEI
PUNCTUL DE COMANDĂ AL STAȚIEI DE POMPE MUREȘ ȘI C.H.E.

Fig. 9. Schema conducerii centralei.

Circuitul hidrotehnic

Rîul Mureş, cu un debit mediu de circa 40 m³/s, atinge în timpul secetos al verii, între iulie şi septembrie, debite minime de 4,5 m³/s, iar în ianuarie chiar 2,6 —3,1 m³/s.

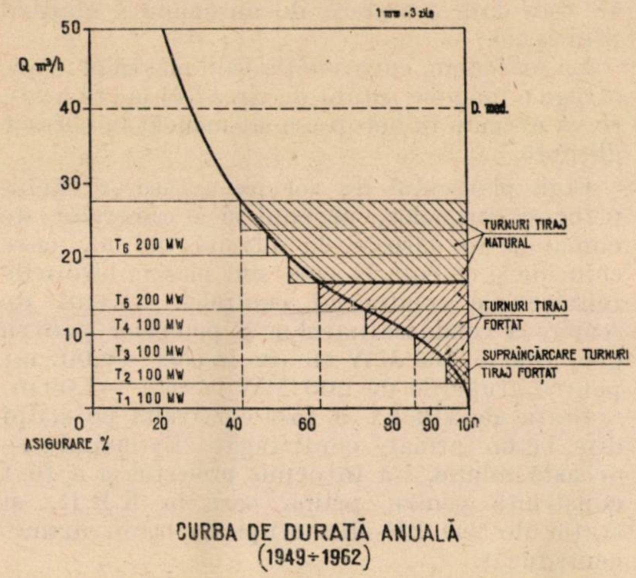


Fig. 10. Curba clasată a debitelor rîului Mureş.

În prima etapă de dezvoltare, cu puterea de 300 MW, centrala Luduş are nevoie de un debit de apă de 9,9 m³/s, care poate fi asigurat în anul hidrologic mediu pe o durată de 85% din timp. În etapa finală de dezvoltare, centrala, cu un consum de 27,7 m³/s, are o asigurare de apă de 42% din timp.

Figura 10 prezintă curba clasată a debitelor de apă pe rîul Mureş şi modul în care se asigură răcirea agregatelor.

Primul bloc are practic răcirea asigurată permanent de debitul afluent pe Mureş (iarna prin amestec de apă caldă şi rece), iar în completarea răcirii pentru celelalte grupuri se instalează turnuri de răcire.

Schema de răcire a centralei Luduş este arătată în figura 11. Apa rîului Mureş este preluată de pompele de apă rece *1* şi introdusă prin bazinele turnurilor de răcire cu tiraj forţat, care au fost dimensionate ca denisipatoare, *2*. De aici apa traversează canalele de apă rece *3*, concepute după principiul bloc, cîte un canal independent pe grup, şi este repompată de pompele condensatoarelor *4*, fiind apoi restituită în canalele de apă caldă *5*.

În puctul de scurgere în Mureş, imediat în aval de baraj, *6*, s-a intercalat o centrală hidroelectrică, *7*, care are în prima etapă un grup de 560 kW, cu caracteristicile $Q = 10$ m³/s, $H_{max} = 8$ m, iar la extindere va primi un al doilea grup identic.

Dacă apa trebuie răcită în circuit închis, ea este preluată înainte de centrala hidroelectrică din canalul de apă caldă *8* şi este ridicată la turnuri cu ajutorul pompelor de apă caldă *9*. Se instalează cîte o pompă de apă caldă la fiecare grup de 100 MW şi cîte două pompe la cele de 200 MW. Prin configuraţia schemei alese, pompele de apă caldă sînt totodată şi rezerva pompelor de apă rece.

Pentru prima etapă a centralei, calculele tehnico-economice au indicat drept soluţie optimă adaptarea unui turn de răcire cu tiraj forţat.

A fost construit un turn cu 11 celule, cu ventilatoare cu diametrul de 8 m, avînd fiecare o suprafaţă de 120 m². Fiecare ventilator este antrenat de un motor electric cu o putere de 85 kW. Turnul este construit după concepţia întreprinderii Armabeton din R.S.C. şi foloseşte drept sistem de răcire plăci plane de azbociment, iar închiderea turnului este executată cu pereţi din azbociment ondulat, fixate într-un schelet de beton armat prefabricat.

Turnul asigură în mod normal răcirea debitului de apă pentru un grup de 100 MW, cu o temperatură a apei răcite de 25°C la temperatura termometrului umed de 20°C (în condiţiile climatice de la Luduş, 97% din timp).

Prin supraîncărcarea hidraulică a turnului cu 100%, acest turn asigură răcirea apei corespunzătoare unei puteri de 200 MW, pentru perioade de cel mult 17 zile pe an.

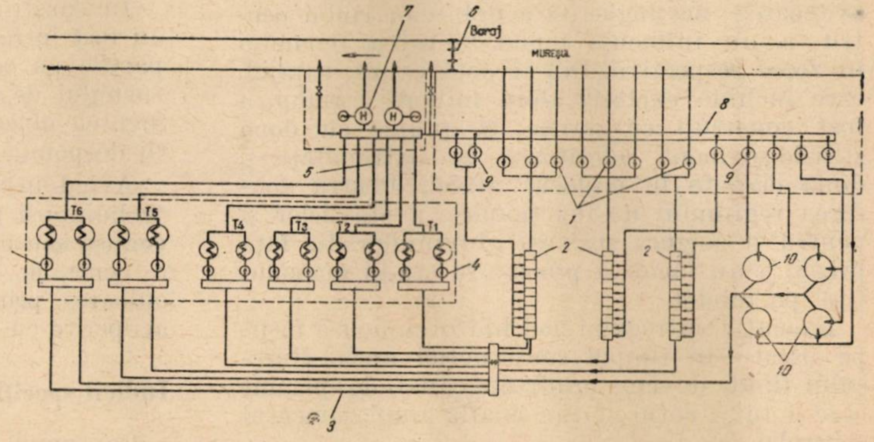


Fig. 11. Schema circuitului hidrotehnic.

La extindere, dat fiind că grupurile de 200 MW au o curbă de corecţie a consumului specific în raport cu temperatura apei de răcire mult mai aplatisată, şi că temperatura maximă a apei de răcire pentru care se asigură puterea maximă este +33°C, calculul tehnico-economic

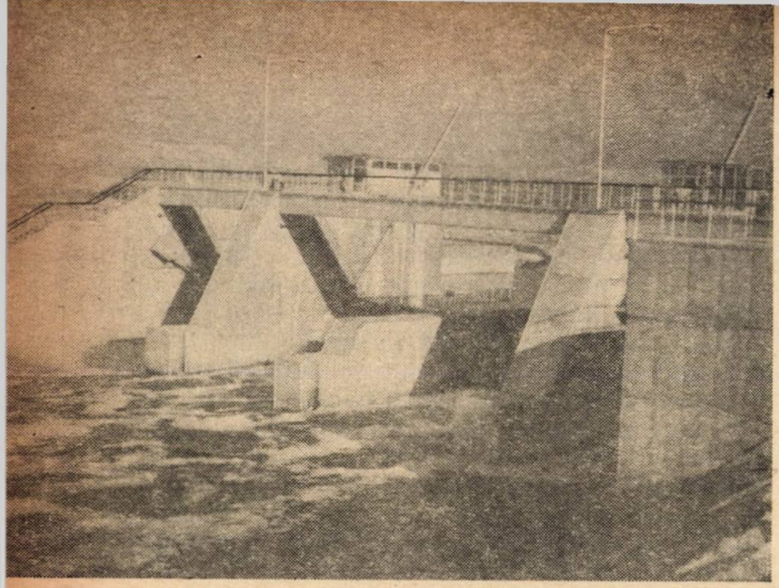


Fig. 12. Barajul pe Mureş al CTE Luduş.

a indicat că turnurile cu tiraj natural sînt echivalente cu cele cu tiraj forţat. Din această cauză s-au mai prevăzut două turnuri cu tiraj forţat, de acelaşi tip cu cel existent, care asigură funcţia de denisipator pentru întreg debitul de apă al centralei, precum şi răcirea grupului nr. 4 de 100 MW, iar în rest s-au prevăzut patru turnuri de răcire cu tiraj natural, *10*, din beton armat, de tip hiperboloidal, cu o suprafaţă de 1500 m² şi o înălţime de 55 m. Sistemul de răcire pentru aceste turnuri este, de asemenea, format din plăci plane de azbociment.

Un element caracteristic al circuitului hidrotehnic de la centrala Luduş îl constituie barajul de pe Mureş (fig. 12).

Acest baraj trebuie să asigure un nivel constant al apei la priză la o cotă cu 3,5 m mai ridicată faţă de nivelul de ape mici al rîului, iar în perioadele de ape mari să permită evacuarea nestingherită a debitelor rîului pentru a nu influenţa inundabilitatea terenului în zona respectivă. Din această cauză, barajul, care închide exclusiv albia minoră a rîului, a fost construit cu stavile, şi anume cu două stavile-segment ridicătoare la extremităţi şi două clapete în mijlocul albiei. Pentru definirea regimului de funcţionare a stavilelor şi pentru a asigura spălarea aluviunilor din faţa prizei, s-au făcut la proiectare studii amănunţite pe model.

Execuţia întregului nod hidrotehnic s-a făcut pe uscat, în timpul construcţiei apele Mureşului fiind deviate printr-un canal de pămînt care a tăiat cotul în care se află amplasamentul centralei.

Construcţiile şi arhitectura

Construcţia clădirii principale a centralei a fost executată în etapa întîi din beton armat monolit. Această soluţie a fost impusă în special de corpurile intermediare ale sălii cazanelor, care poartă la partea superioară, la înălţimea de +30 m, masele rotitoare ale ventilatoarelor de aer şi gaze. Tîmplăria, acoperişul şi peretele sălii maşinilor din direcţia extinderii s-a prevăzut să fie metalice. În ceea ce priveşte învelitoarea, ea a fost făcută din plăci autoclavizate de beton celular, care la data construcţiei începuseră să fie produse de industria materialelor de construcţii. În figura 13 este dată o vedere de ansamblu a clădirii principale.

La extindere, construcţia sălii maşinilor, care atinge o lungime totală de circa 264 m (40 axe), se va executa în beton armat monolit în cofraje glisante.

Cota planşeului de servire a tuturor turbinelor şi cazanelor, precum şi a camerelor de comandă se găseşte la nivelul +8 m, care coincide şi cu cota la care sînt plasate birourile tehnice ale conducerii centralei. Nivelul de servire a condensatoarelor şi pompelor pentru grupurile de 100 MW se află la cota ±0,00, iar pentru grupurile de 200 MW la cota −1,00 m.

Staţia de 110 kV a fost construită pe stîlpi din beton armat centrifugat. Extinzîndu-se această soluţie, s-a întocmit proiectul şi a fost construită pentru prima oară în R.P.R. şi staţia de 220 kV din stîlpi de beton armat centrifugat.

Pentru tensiunea de 400 kV, după o primă variantă de proiect metalică, au fost întreprinse studii şi s-a reuşit să se aplice, şi pentru construcţiile staţiei de 400 kV, soluţia cu stîlpi din beton armat centrifugat de 33 m înălţime. Aici stîlpii sînt realizaţi din două bucăţi şi sînt ancoraţi cu cabluri metalice. Se menţionează că la data construcţiei o asemenea soluţie nu fusese încă realizată în nici o altă parte pe glob.

În construcţia obiectelor de la CTE Luduş au fost introduse prefabricate de beton pentru părţile cu refolosire numeroasă, ca scheletul turnului de răcire sau o mare parte din elementele obiectelor-anexă: epurare chimică, staţii de pompe şi atelier.

Avînd în vedere situaţia avantajoasă a întrebuinţării unui combustibil care nu produce cenuşă sau nocivităţi, în arhitectura exterioară a centralei Luduş s-a folosit pe scară mare culoarea prin tencuieli de terasit şi suprafeţe acoperite cu vopsea de vinacet.

Indicii specifici ai centralei

Consumul specific de căldură al centralei, în prima etapă, la sarcina de 100 MW pe bloc şi cu temperatura nominală a apei de răcire, este de 2 200 kcal/kWh, adică 314 g combustibil convenţional/kWh. Acest consum a fost realizat şi la probele de garanţie şi în exploatarea curentă.

Consumul serviciilor interne urmează a fi la prima etapă, de 300 MW, de 5,98% la func-

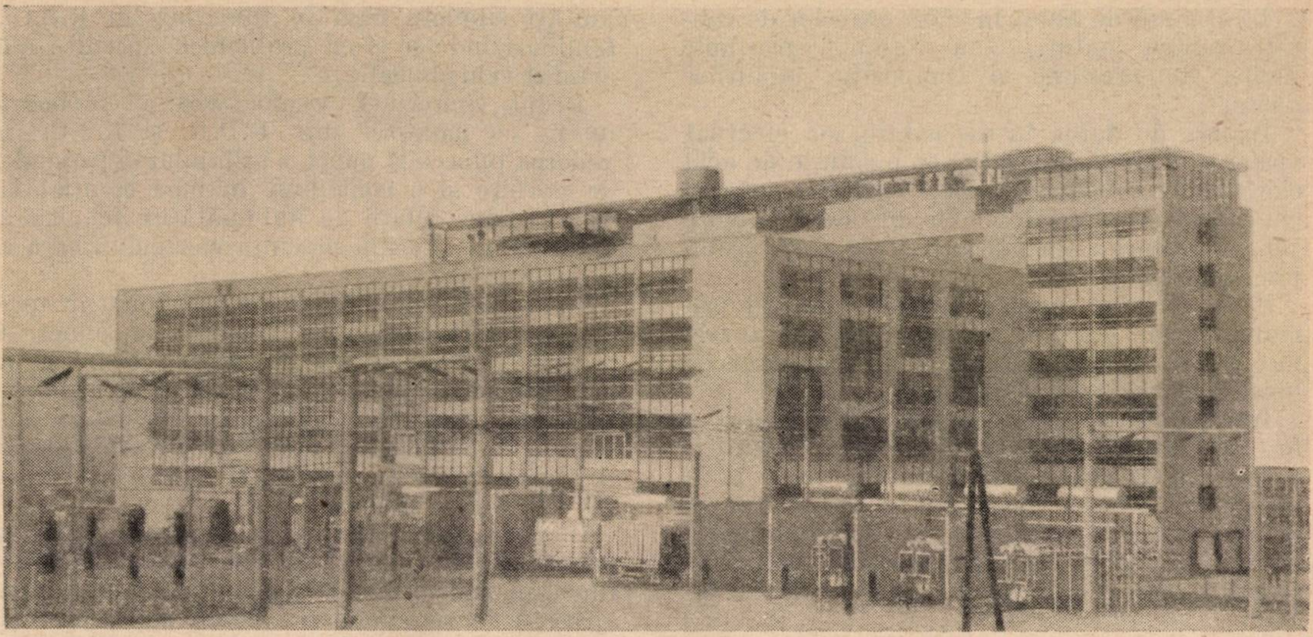


Fig. 13. Vedere de ansamblu a clădirii principale.

ționarea răcirii în circuit deschis și de 6,31% la funcționarea în circuit închis. Ca valori medii de exploatare, ținînd seamă de corecțiile necesare datorită variațiilor de sarcini și de temperatură ale apei de răcire, indicatorii de consum ai centralei, în prima etapă, urmează a fi : consum specific 2 400 kcal/kWh (342 g c.c./kWh) și consum al serviciilor interne 6,5%.

Cu o structură de întreprindere completă, inclusiv conducerea și personalul total de reparații, centrala Luduș va avea un efectiv de 1,32 om/MW în prima etapă și 0,15 om/MW în etapa finală, de 800 MW. Din acesta, personalul propriu-zis de exploatare reprezintă 0,56 om/MW în prima etapă și 0,31 om/MW în etapa finală.

Ritmul realizării lucrărilor ; probleme de montaj

Lucrările au început pe amplasament în toamna anului 1960, cînd a fost atacată organizarea șantierului și nivelarea terenului. În 1961 au început lucrările de bază, iar la finele anului sala mașinilor era practic închisă, iar fundația cazanului gata pentru montaj. Astfel a fost obținut decalajul necesar între construcție și montaj, ceea ce a permis ca practic montajul să se desfășoare nestingherit, pe măsura livrărilor de echipamente. Condiționat de încheierea acestor livrări, punerea în funcțiune a primului grup a avut loc în luna octombrie 1963. Pe partea montajului, este de remarcat mecanizarea lucrărilor și utilizarea unui coeficient mare de preasamblare la cazan.

La propunerea șantierului de montaj, pentru ecranele de țevi ale focarului s-au folosit preansamble cu o înălțime de 30 m, complet sudate la colectoarele superioare și inferioare. În felul acesta, întreaga structură a pereților focarului a fost ridicată din 14 preansamble realizate pe sol, inclusiv zidăria și izolarea.

Greutatea unui ansamblu a fost de circa 20 t, iar pentru aducerea sa din poziția orizontală de confecționare la cea verticală de instalare s-a folosit o fermă metalică auxiliară de rigidizare.

Pentru montaj s-a instalat, pe o cale de rulare situată în spatele sălii cazanelor, o macara-turn de tip SBK 40—15, cu o capacitate de ridicare de 600 t.m (max. 40 t) și o înălțime sub cîrlig de 68 m.

În comparație cu sistemul de plasare a macaralei de montaj în axul sălii cazanelor, cu montarea prin retragere, această soluție s-a dovedit a fi deosebit de avantajoasă, fiindcă a permis să se atace lucrări de montaj la oricare din cazane, în funcție de posibilitățile create, prin livrările care au avut unele neregularități și întîrzieri, și să se revină ulterior la cazanele 1 și 2, unde au avut loc după montaj remedieri și înlocuiri de țevi.

Montajul primei etape de la CTE Luduș s-a făcut în colaborare cu firmele furnizoare din R.S.C.

Darea în exploatare, experiența exploatării, problema pregătirii cadrelor

Darea în exploatare a agregatelor etapei I a fost făcută după ce au fost efectuate ample probe de verificare calitativă a materialelor și utilajelor livrate.

La cazanul de abur, în afara probelor de calitate pentru suduri, s-au verificat grosimile țevilor de presiune și compoziția oțelurilor aliate.

Înainte de darea în exploatare, s-a efectuat spălarea acidă a cazanelor, cu o soluție de acid clorhidric. În vederea acestei spălări s-au executat legături speciale de circuite care să evite zona supraîncălzitorului austenitic și să protejeze ventilele.

Sursa de abur pentru perioada pornirii primului cazan s-a asigurat cu ajutorul a trei locomotive de cale ferată aduse temporar pe linia de garaj a șantierului.

Întreprinderea de exploatare ICT Luduș a fost formată o dată cu aprobarea investiției etapei I și în acest fel a putut să preia de la început funcția de beneficiar al lucrării și să participe atît la controlul lucrărilor de construcții pe șantier cît și la discuțiile tehnice și recepția unor utilaje de la furnizorii din străinătate.

Cu toate că baza personalului de exploatare pentru această centrală a fost recrutat din cadrele cu experiență ale altor exploatări, un număr de ingineri și tehnicieni din fiecare specialitate s-a deplasat atît în fabricile furnizoare de echipament, cît și la exploatarea unei unități similare pusă în funcțiune în R.S.C., familiarizîndu-se și cu problemele specifice ale acestui echipament.

Drept consecință, exploatarea a colaborat intens cu montorii din R.P.R. și R.S.C. în vederea punerii la punct a utilajului în perioada de pornire și a contribuit în mod esențial la găsirea unei soluții de îmbunătățire tehnică a acestuia, mai ales în privința cazanului, care a fost prototip.

În această privință este de menționat în special contribuția pentru punerea la punct a arderii și temperaturii de supraîncălzire și a arzătoarelor de gaze, colaborarea pentru îmbunătățirea și darea imediată în exploatare integrală a instalațiilor de control termotehnic și reglaj automat, precum și aceea a instalației de tratare chimică a apei.

Cu acest nivel de exploatare superior a fost posibil să se atingă încă din primele luni de funcționare a blocului 1, în perioada cînd încă apăreau și se eliminau „bolile copilăriei" și consecințele punerii în funcțiune a unui cazan prototip, indicii de consum prevăzuți prin proiect și să se ajungă încă în timpul primului semestru de exploatare la durate de funcționare neîntrerupte de 1600 ore, cu un indice de utilizare a puterii instalate de 95%.

Centrala electrică de termoficare Craiova

Ing. **C. Burducea** și Ing. **Al. Curelaru**
director tehnic al Institutului de studii și proiectări energetice
director al CET Craiova

In apropierea orașului Craiova este în construcție un mare combinat industrial, obiectiv important al planului șesenal de dezvoltare a economiei țării noastre. Centrala electrică de termoficare Craiova și combinatul chimic învecinat sînt primele unități ale acestui complex care vor fi puse în funcțiune în acest an. Complexul urmează să se extindă în viitorul apropiat cu o fabrică de celuloză și cu o uzină metalurgică.

Centrala electrică se realizează pentru alimentarea cu energie electrică și căldură a industriilor complexului, valorificînd importante rezerve de lignit existente în bazinele carbonifere ale Olteniei.

Prin legătura puternică cu sistemul energetic național, centrala va trimite o mare parte din energia electrică și în alte regiuni ale țării.

Centrala a fost concepută pentru o putere instalată de 350 MW într-o primă etapă, cu posibilitatea de extindere la 700 MW. Ținînd seamă de avantajele economice ale concentrării efortului de investiții, s-a hotărît în acest an profilarea finală a centralei la o putere de circa 1 000 MW.

În prima etapă se montează în centrală următoarele echipamente:

— două grupuri turbogeneratoare cu condensație, fiecare cu puterea de 100 MW la 130 at, 565/535°C;
— două cazane de abur cu supraîncălzire intermediară, fiecare cu debitul de 330 t/h la 139 at, 570/540°C;
— două grupuri turbogeneratoare de termoficare cu prize și condensație, cu puterea de 50 MW la 130 at, 565°C, prizele reglabile fiind 0,7—2,5 at, respectiv 13 ± 3 at;
— un grup turbogenerator de termoficare cu contrapresiunea la 8 ± 1 at, cu puterea unitară de 50 MW la 130 at, 565°C;
— trei cazane de abur, cu debitul de 370 t/h la 139 at, 570°C.

Centrala electrică este amplasată la circa 8 km de oraș, pe șoseaua Craiova-Filiași, lîngă confluența rîurilor Amaradia și Jiul.

Considerentele care au determinat fixarea amplasamentului centralei au fost:

— apropierea de combinatul chimic, pe care îl alimentează cu energie electrică și termică, cu apă de răcire și cu apă demineralizată;

— alimentarea cu cărbune; centrala este aşezată în apropierea punctului de convergenţă a căilor ferate pe care se aduce lignitul de la diferitele mine din bazinele carbonifere ale Olteniei;

— apa de răcire; centrala este aşezată în albia majoră a rîului Jiu pe o terasă aluvionară. Centrala, necesitînd debite importante de apă de răcire (circa 20 m^3/s la etapa 700 MW şi 38 m^3/s la etapa 1 000 MW), trebuia amplasată acolo unde rîul poate asigura aceste debite;

— evacuarea zgurei şi cenuşii; conţinutul mare de cenuşă al lignitului care se va arde la centrală (circa 24 %) impune asigurarea unor suprafeţe corespunzătoare pentru depozitare;

— apropierea de oraşul Craiova creează premisele de dezvoltare multilaterală a acestuia.

Blocurile de locuinţe se construiesc în oraşul Craiova, evitîndu-se construirea unui nou oraş pentru complexul industrial. În acelaşi timp, oraşul este sursa de bază pentru cadrele de constructori şi de servire a instalaţiilor pentru complexul industrial.

Amplasarea complexului industrial în regiunea Oltenia s-a făcut ţinîndu-se seamă de repartiţia teritorială a industriei şi de ridicarea la nivele corespunzătoare de dezvoltare economică a tuturor regiunilor ţării noastre.

Amplasamentul; concepţia planului general

Amplasamentul centralei electrice este situat pe terasa stîngă a rîului Jiu. Suprafaţa terenului în această zonă este relativ plană, cota medie a terenului fiind 87 m nMN. Nivelul apelor subterane este la cota 80 —81 m nMN.

Nivelul apelor catastrofale cu perioada 100 ani este la cota 83,45 —84,06 m nMN, iar nivelul apelor catastrofale cu perioada 1 000 ani este la cota 84,75 —85,15 m nMN.

Pe latura de sud-vest a terenului există o albie veche a rîului Jiu în formă de amfiteatru, avînd cota pînă la 81,20 m nMN. În această parte, terenul este inundabil şi în perioadele ploioase nivelul apei subterane se urcă la nivelul terenului natural. Această parte va trebui ulterior ridicată prin umplutură la nivelul general al terenului.

Pentru a opri procesul de eroziune a malurilor Jiului, s-a prevăzut prin proiect regularizarea acestuia în zona complexului industrial.

Din punct de vedere geologic, structura terenului poate fi caracterizată prin existenţa a trei orizonturi formate din argile loessoidale, argile nisipoase (între 0,35 şi 2,40 m grosime), nisipuri fine şi pietrişuri în grosime de 8 —15 m sub stratul superficial şi roca de bază formată din argilă marnoasă. Aceeaşi structură geologică se găseşte şi în amplasamentul barajului de captare a apei realizat pe Jiu.

Ca seismicitate regiunea se încadrează în categoria 6, şi ca urmare, din acest punct de vedere, nu s-au impus condiţii speciale constructive sau de calcul.

Pentru coşul de fum însă, ţinînd seamă de înălţimea acestuia (160 m), s-a luat în considerare dimensionarea în condiţiile categoriei seismice 7.

Dispoziţia pe teren a obiectelor centralei este determinată de blocul central de producţie, a cărui axă longitudinală este paralelă cu şoseaua naţională Craiova-Filiaşi.

În spaţiul dintre clădirea principală şi şoseaua naţională sînt amplasate staţiile de conexiune de 110 şi 220 kV, ca şi staţia de conexiune interioară de 35 kV, situată în acelaşi corp de clădire cu camera de comandă electrică a acestor staţii.

În partea de sud-vest a clădirii principale se găsesc instalaţiile de desprăfuire a gazelor de ardere, coşul de fum, gospodăria de cărbune, inclusiv depozitul. Tot în acest spaţiu se găseşte şi clădirea preparării chimice a apei de adaos.

Clădirea de exploatare este aşezată la peretele frontal definitiv nord-vestic al clădirii principale de producţie. Extinderea clădirii principale de producţie se va face paralel cu şoseaua naţională în spre Craiova.

Instalaţiile de captare a apei (baraj, prize, decantor) sînt amplasate la circa 2 km amonte de centrală, fiind legate de aceasta printr-un canal de aducţiune deschis, dimensionat pentru un debit de 24 m^3/s.

Planul general al centralei este prezentat în figura 1.

Dispoziţia generală a obiectelor centralei pe teren este compactă, ducînd la reducerea corespunzătoare a terenului ocupat şi la scurtarea diferitelor trasee de canale, conducte, cabluri între aceste obiecte.

Pentru reducerea costurilor de investiţii, prin proiect s-au avut în vedere anumite îmbunătăţiri faţă de concepţia clasică, cum ar fi eliminarea corpului degazoarelor prin montarea acestora în sala cazanelor în construcţie autoportantă verticală, aducerea apei la centrală prin cădere liberă, ridicarea gospodăriei de cărbune cu circa 2 m peste nivelul terenului natural pentru evitarea lucrărilor costisitoare în pînza freatică şi altele.

Instalaţiile mecanice ale centralei

CET Craiova este formată în prima etapă dintr-o parte de termoficare (trei grupuri de cîte 50 MW) şi dintr-o parte de condensaţie (două blocuri de cîte 100 MW).

Schema termică a grupurilor de termoficare prevede legături transversale pe partea de abur şi pe partea de apă de alimentare. În schemă este introdusă o staţie de preparare a apei calde pentru încălzire, compusă din două preîncălzitoare de bază şi două preîncălzitoare de vîrf.

Alimentarea combinatului chimic se face prin conducte de abur de 8 at şi 13 at şi apă caldă de 150/70°C, amplasate pe o estacadă. Condensatul recuperat are temperatura de 95°C.

Schema termică a grupurilor de termoficare este prezentată în figura 2.

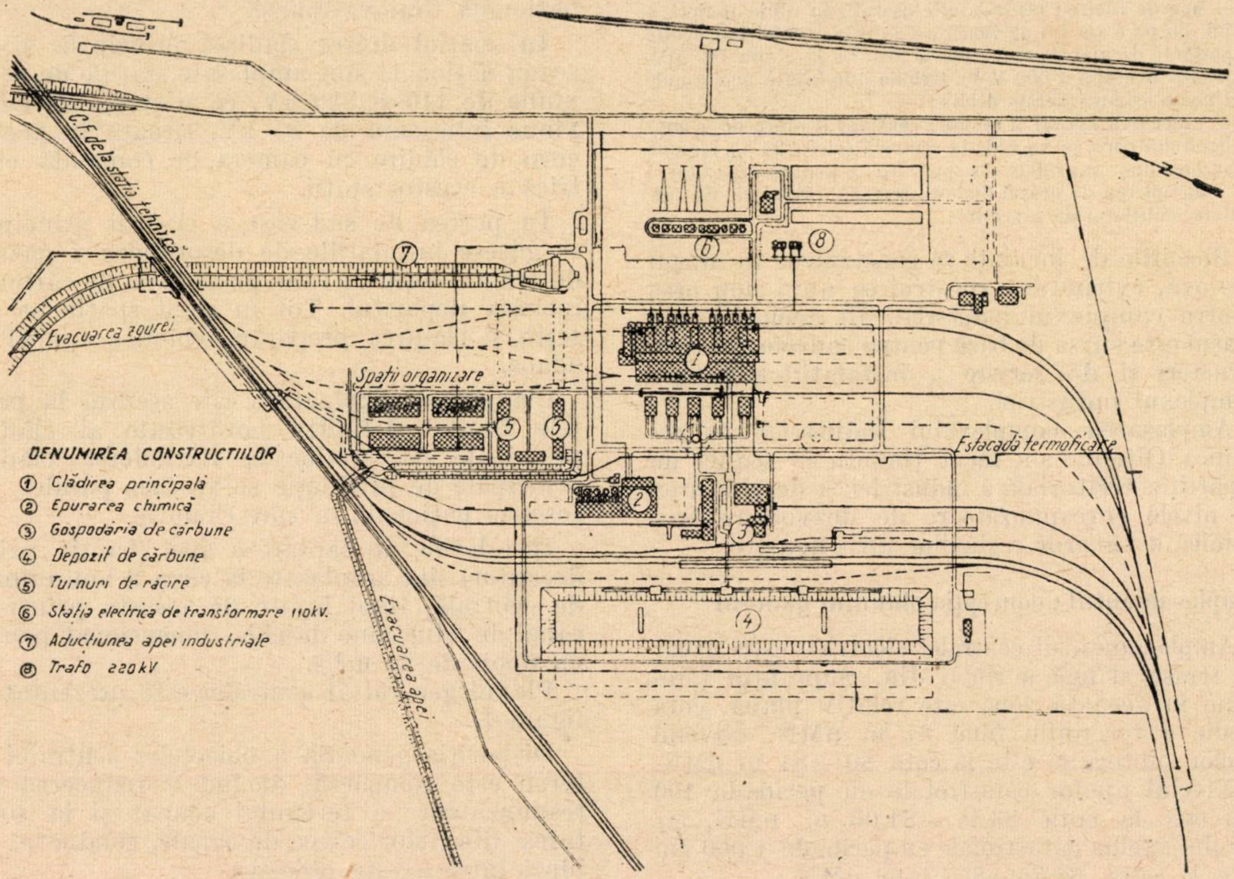

N
C.F. de la stația tehnică
Evacuarea zgurei
Spații organizare
Estacadă termoficare
Evacuarea apei
DENUMIREA CONSTRUCTIILOR
① Clădirea principală
② Epurarea chimică
③ Gospodăria de cărbune
④ Depozit de cărbune
⑤ Turnuri de răcire
⑥ Stația electrică de transformare 110kV.
⑦ Aducțiunea apei industriale
⑧ Trafo 220kV

Fig. 1. Planul general al CET Craiova.

Schema termică a părţii de condensaţie este realizată pe principiul bloc cazan — turbină, fără legături transversale. Această schemă este identică cu aceea folosită la CTE Luduş. Legătura între cazane şi turbine se face prin cîte două conducte.

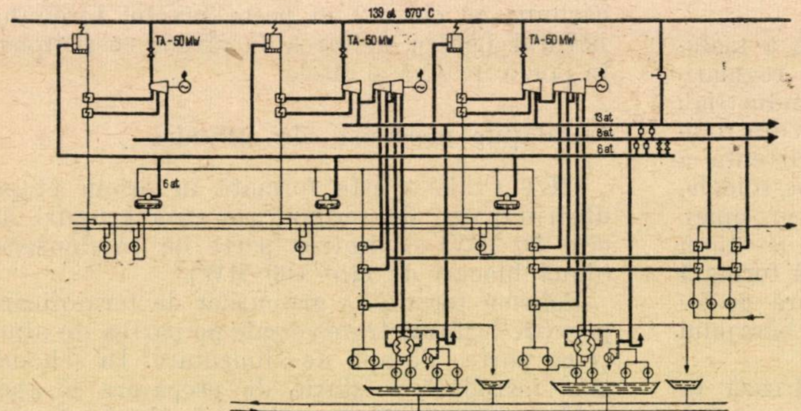

139 at 570° C
TA-50MW
TA-50MW
TA-50MW
13at
8at
6at
6at

Fig. 2. Schema termică a grupurilor de termoficare.

Preîncălzirea regenerativă a apei se face cu abur de la prizele turbinelor, în opt trepte la blocurile de condensaţie şi în şase trepte la grupurile de termoficare, ajungîndu-se la temperatura maximă de 240°C la intrarea apei în cazan. Degazarea apei se face în degazoare (cu rezervor de apă vertical), la presiunea constantă de 6 at.

Pentru pornirea rapidă a blocurilor de 100 MW, respectiv pentru protecţia cazanelor în cazuri de ieşire bruscă de sub sarcină a turboagregatului, schema prevede instalaţii de bypass de înaltă şi joasă presiune pentru ocolirea corpurilor turbinei. Schema termică prevede pomparea apei la cazane numai cu electropompe, şi anume 3×50% (cu cuplaj hidraulic) la blocurile de 100 MW şi cinci electropompe (două de rezervă) la grupurile de termoficare.

Instalaţia de tratare a apei de adaos prin demineralizare totală este proiectată pentru un debit nominal de 550 t/h în etapa I, cu posibilitatea de amplificare la 700—800 t/h. La grupurile de 100 MW, apa demineralizată se introduce în condensator, iar la cele de 50 MW se introduce în conducta principală de condensat, în zona preîncălzitoarelor de joasă presiune.

Apa brută se ia din conducta regională de apă potabilă Orlea — Craiova şi din puţuri.

Combustibilul folosit în centrală este lignitul din Oltenia, avînd caracteristicile: $P_{ci} = 1\,600 - 2\,000$ kcal/kg, $a = 24\%$, $w = 46\%$.

Cărbunele soseşte la centrală cu granulaţia 0—80 mm, este concasat pînă la 20 mm şi trimis în centrală sau spre depozit pe un sistem de benzi de transport. Cărbunele care soseşte accidental (de la unele mine în deschidere), cu granulaţia 0—350 mm (15%), este concasat pînă la 80 mm, intrînd apoi în fluxul normal.

În depozitul de cărbuni, manipularea se face cu buldozere. Debitul orar de cărbune necesar centralei la puterea de 350 MW este de 650—700 t/h, iar în etapa 700 MW de 1 200 t/h, urmînd a creşte la 1 800 t/h în etapa 1 000 MW.

Cenuşa se evacuează hidraulic în depozite (unele naturale), situate la circa 2,5 km de amplasamentul centralei. S-a prevăzut şi posibilitatea evacuării uscate a cenuşii, în scopul folosirii acesteia la fabricile de ciment şi la fabricile de materiale de construcţii.

Caracteristicile echipamentelor principale au fost arătate mai sus.

Cazanele de abur sînt cu circulaţie naturală, avînd camera focară cu două drumuri, complet ecranată, putînd arde şi gaze pentru circa 35% din sarcina termică a cazanului. Camera focară este prevăzută cu 12 arzătoare de cărbune-praf şi patru arzătoare de gaze.

Supraîncălzitorul cazanului are cinci trepte, reglarea temperaturii aburului supraîncălzit realizîndu-se prin injecţie cu condensat în două trepte. Reglarea temperaturii aburului supraîncălzit intermediar la cazanele 330 t/h se face prin recircularea gazelor de ardere cu ajutorul unor ventilatoare.

Economizorul cazanului este compus din două părţi alternate cu preîncălzitorul de aer, iar ultima parte, în poziţie verticală, formează economizorul de perete. Preîncălzitorul de aer este de tip tubular şi asigură o preîncălzire a aerului la ieşire pînă la 375°C. Temperatura aerului la intrarea în preîncălzitor este de 50°C şi se realizează cu ajutorul unui preîncălzitor adiţional cu abur.

Fiecare cazan dispune de o instalaţie de măcinare a cărbunelui compusă din şase mori-ventilator, cu un debit de 34 t/h fiecare, una dintre ele fiind în rezervă. Uscarea cărbunelui se face cu ajutorul gazelor de ardere aspirate din camera focară.

Randamentul cazanelor la arderea lignitului este de 87%.

Ca materiale speciale folosite în construcţia cazanelor se remarcă oţelul austenitic la ultima treaptă a supraîncălzitorului.

Reţinerea cenuşii din gazele de ardere se realizează printr-o instalaţie de desprăfuire formată din multicicloane în serie cu filtre electrostatice, avînd un grad total de reţinere de 98%.

Gazele de ardere sînt evacuate în atmosferă printr-un coş de fum înalt de 160 m. S-a ales această înălţime, precum şi viteza de ieşire a gazelor din coş de 25 m/s, pentru ca depunerile de cenuşă, respectiv concentraţia de SO_2 în atmosfera înconjurătoare, să fie în limitele admisibile.

Turbinele de 100 MW sînt identice cu cele montate în centrala Luduş.

Turbinele de 50 MW cu condensaţie şi prize, de tipul cu acţiune, sînt construite din două corpuri. Aceste turbine au două prize de abur reglabile şi patru prize nereglabile. Priza reglabilă industrială asigură presiunea de 13 ± 3 at şi debitul maxim de 135 t/h. Priza reglabilă pentru scopuri de încălzire asigură presiunea de 0,7—2,5 at şi un debit maxim de 120 t/h. Turbina are un singur condensator, cu două căi, cu un consum de apă de răcire de 4 700 m^3/h.

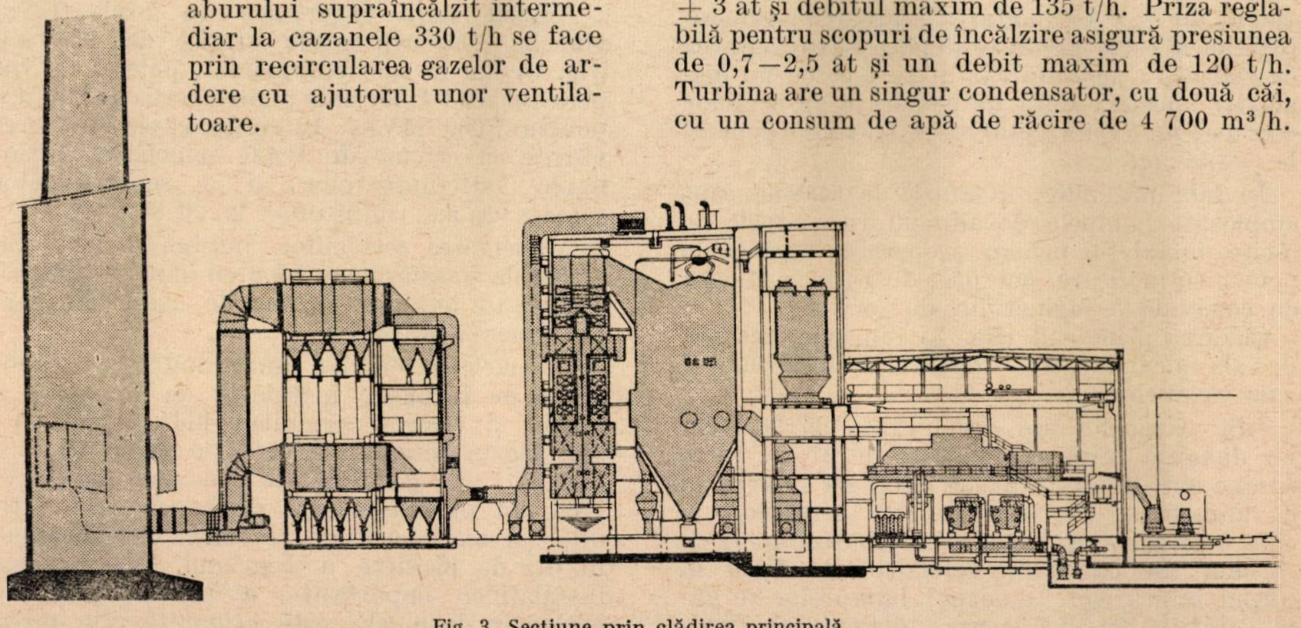


Fig. 3. Secţiune prin clădirea principală.

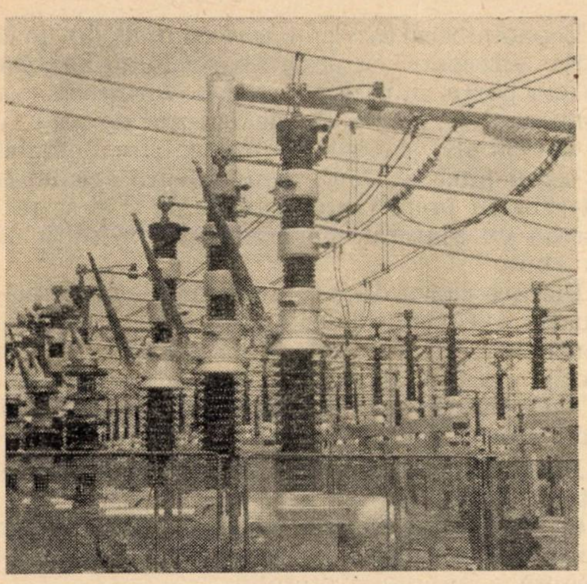


Fig. 4. CET Craiova. Stația de conexiuni 110 kV.

Turbina de 50 MW cu contrapresiune este construită dintr-un singur corp cu trepte de presiune și cu roată de reglaj.

Turbinele sînt instalate cu axul perpendicular pe axul sălii și în dreptul cazanelor respective.

Ținînd seamă de ordinea de sosire a agregatelor (începînd cu turbinele de termoficare), de realizarea unei instalații compacte de termoficare cu legături transversale, de montarea ulterioară a unei a patra turbine de termoficare, de scurtarea legăturilor de conducte pe partea de abur și apă, s-a ales amplasarea turbinelor de termoficare spre frontul extensibil al clădirii principale.

Deschiderea sălii mașinilor este de 35 m, lungimea 148 m, iar distanța între axele mașinilor de 27 m. Sala mașinilor este servită de un pod rulant de 63/8 t (montarea statoarelor generatoarelor a căror greutate depășește capacitatea de ridicare a podului rulant se face cu un dispozitiv special). Cota de servire a agregatelor este de 8 m. Sala mașinilor are un subsol general la —3,50 m.

În sala mașinilor, în afară de turbine, sînt amplasate pompele de alimentare, pompele de răcire, instalația pentru prepararea apei calde pentru termoficare, pompele de rețea și camera de comandă a inginerului de serviciu.

Clădirea principală (fig. 3) cuprinde, în afară de sala mașinilor, sala buncărelor de cărbune și sala cazanelor.

Sala cazanelor are deschiderea de 26,4 m, iar distanța între cazane este de 27 m. Între cazane sînt montate degazoarele cu rezervorul de alimentare vertical. În sala cazanelor, la cota 0 se găsesc și patru din cele șase mori de cărbune ale cazanului, celelalte două fiind în corpul buncărelor. În corpul buncărelor se găsesc stațiile de 6 kV pentru alimentarea serviciilor interne, camerele de comandă și control termic și electric (cota 12,80 m), iar mai sus buncărele de cărbune cu instalațiile de benzi și rezervoarele de apă pentru răcirea lagărelor. Corpul buncărelor are deschiderea de 9 m.

Instalațiile electrice

Generatoarele centralei debitează prin transformatoarele-bloc cu două înfășurări pe stația de 110 kV, stație cu bare duble și bare de transfer. Legătura cu stația de 220 kV se face prin tr-un autotransformator de 200 MVA, compus din trei unități monofazate. De la stația de 110 kV (fig. 4) se alimentează liniile care pleacă spre combinatul chimic și spre sistemul național, precum și două transformatoare de cîte 40 MVA, 110/35/6 kV. Aceste transformatoare sînt racordate la stația de 35 kV și la stația generală de 6 kV — servicii interne. Transformatoarele de servicii interne sînt de cîte 16 MVA fiecare, 13,8/6 kV, respectiv 10,5/6 kV. În figura 5 se prezintă schema electrică a centralei.

Generatoarele electrice de 125 MVA au tensiunea de 13,8 kV și sînt răcite cu hidrogen. Generatoarele de 62,5 MVA au tensiunea de 10,5 kV și sînt răcite cu aer.

Transformatoarele-bloc sînt de conexiune Yd — 11, avînd un raport de transformare de 121 ± 5%/13,8 kV, respectiv 121 ± 5%/10,5 kV. Legătura cu generatoarele este realizată în interiorul clădirii cu conductoare din profile de aluminiu neizolate, iar în exterior protejate cu țevi metalice speciale.

Stația de 220 kV este prevăzută cu bare de transfer. Generatoarele din extinderea centralei vor fi legate în bloc pe această stație. Se prevăd legături puternice în 220 kV cu sistemul energetic național.

Ambele stații exterioare au cuple transversale. Întreruptoarele stației de 110 kV (fig. 6) sînt cu aer comprimat, puterea de rupere 4000 MVA, iar cele pentru stația de 220 kV pentru 7 000 MVA. Întreruptoarele sînt prevăzute cu sisteme de RAR monofazic. Acționarea întreruptoarelor și a separatoarelor se face cu aer comprimat la 20 at.

Alimentarea serviciilor interne se face din stația de transformare bloc cu bare secționate, alimentate automat în caz de avarie din stația generală de 6 kV.

Obiectele exterioare importante, ca gospodăria de cărbune, instalația de evacuare a zgurei și cenușii, circuitul hidrotehnic etc., sînt legate permanent printr-o dublă alimentare la stația generală de conexiuni de 6 kV. Una din alimentări este permanent în funcțiune, iar cea de-a doua se conectează automat în caz de pierdere a tensiunii. Funcționarea instalațiilor importante, avînd motoarele de acționare de 6 kV, este asigurată prin men-

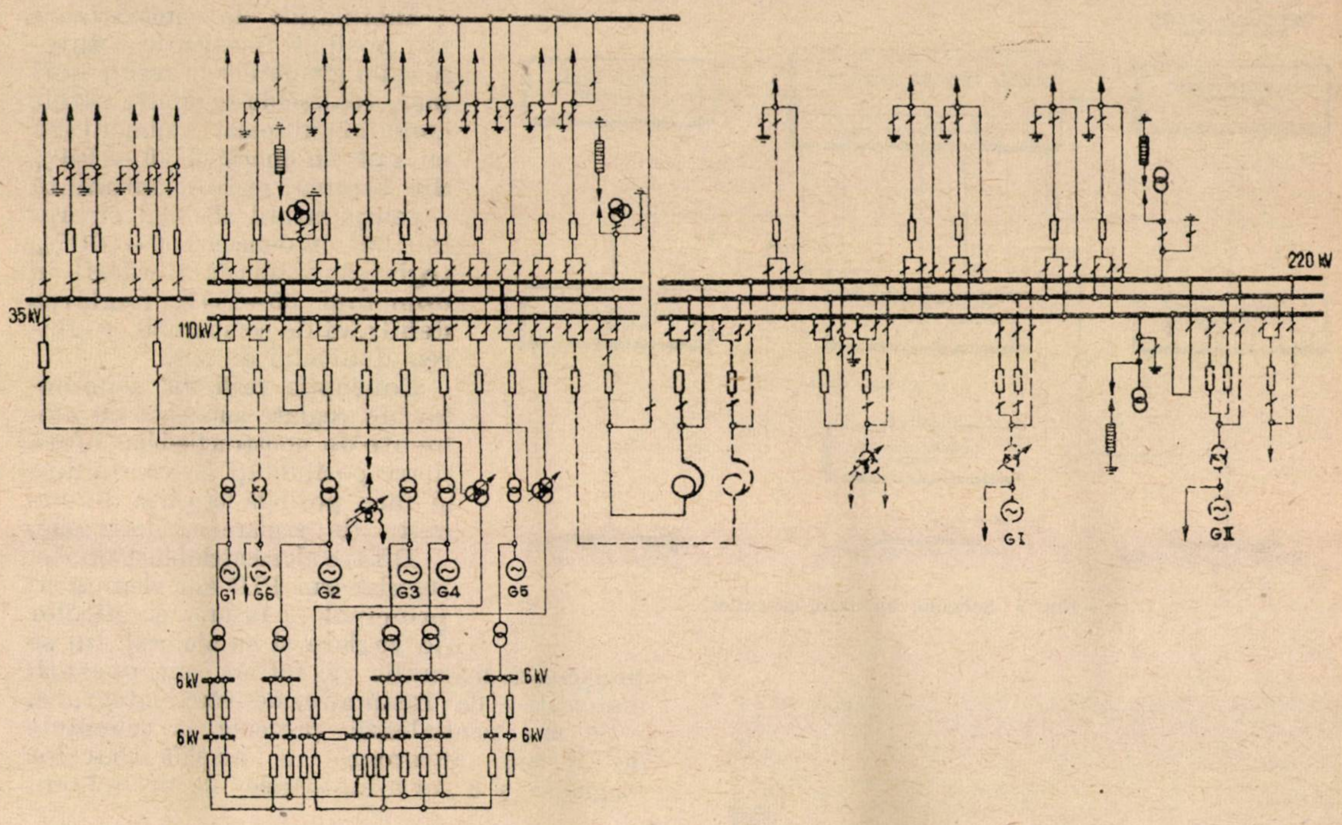


Fig. 5. Schema electrică a centralei.

ținerea întreruptoarelor în caz de avarie conectate pe o perioadă de aproximativ șase secunde.

Instalații de automatizare

Supravegherea și conducerea proceselor tehnologice se fac din camerele de comandă și control termic și electric. Prin măsura, comanda la distanță și automatizarea proceselor a fost posibilă unificarea controlului și comenzii unui bloc la exploatarea normală într-un singur loc.

Camerele de comandă, cîte una pentru două grupuri, se găsesc la cota 12,80 în corpul buncărelor. Comenzile pentru pornirea și oprirea grupului se execută de la fața locului.

Pentru coordonarea funcționării unităților și pentru repartiția optimă a sarcinilor pe grupuri, s-a prevăzut o cameră a inginerului de serviciu în sala turbinelor la cota 12,80. În această cameră se retransmite indicarea mărimilor esențiale care caracterizează funcționarea unităților, precum și semnalizările importante. Tot în această cameră se află și comanda serviciilor interne generale. Această cameră este în legătură cu camerele de comandă și control termic și electric, camerele de comandă ale stațiilor electrice și cu dispecerul național.

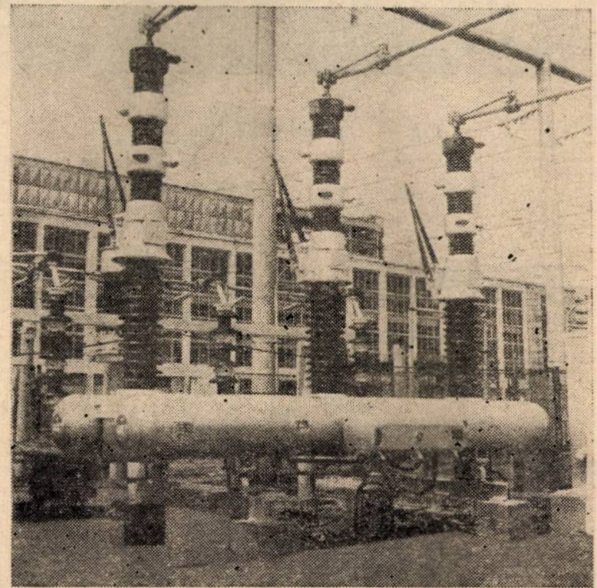


Fig. 6. Întreruptor în stația de conexiuni de 110 kV.

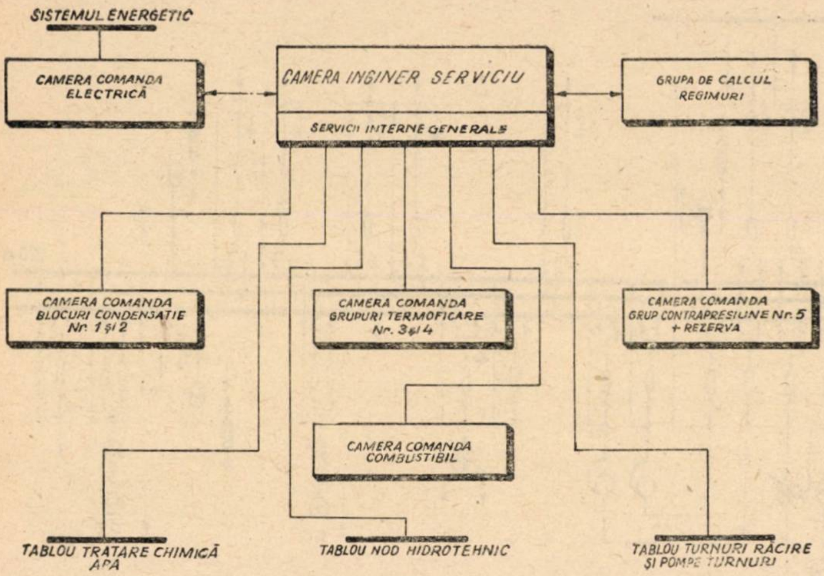

SISTEMUL ENERGETIC
CAMERA COMANDA ELECTRICĂ
CAMERA INGINER SERVICIU
SERVICII INTERNE GENERALE
GRUPA DE CALCUL REGIMURI
CAMERA COMANDA BLOCURI CONDENSAȚIE Nr. 1 și 2
CAMERA COMANDA GRUPURI TERMOFICARE Nr. 3 și 4
CAMERA COMANDA GRUP CONTRAPRESIUNE Nr. 5 + REZERVA
CAMERA COMANDA COMBUSTIBIL
TABLOU TRATARE CHIMICĂ APA
TABLOU NOD HIDROTEHNIC
TABLOU TURNURI RĂCIRE ȘI POMPE TURNURI

Fig. 7. Schema conducerii centralei.

Instalațiile de automatizare fac posibilă funcționarea automată a grupurilor în regim normal, realizîndu-se printre altele comanda automată a alimentării cu apă în domeniul 40—100% din sarcină, reglarea automată a temperaturii aburului supraîncălzit în domeniul 50—100%, reglarea automată a arderii în domeniul 50—100% (reglarea debitului de combustibil, reglarea debitului de aer).

Concepția realizării schemelor de reglare automată cu elemente de construcție-bloc oferă mari posibilități de combinare și face posibilă formarea de circuite de reglare cu derivație.

Dintre elementele funcționale, regulatorul PID este elementul principal al tuturor circuitelor de reglare și cu ajutorul lui se prelucrează mărimile de intrare prin operații matematice de însumare, derivare, integrare.

Se mai semnalează prezența în schemele de reglare automată a amplificatoarelor magnetice și a servomotoarelor de tip Selsyn.

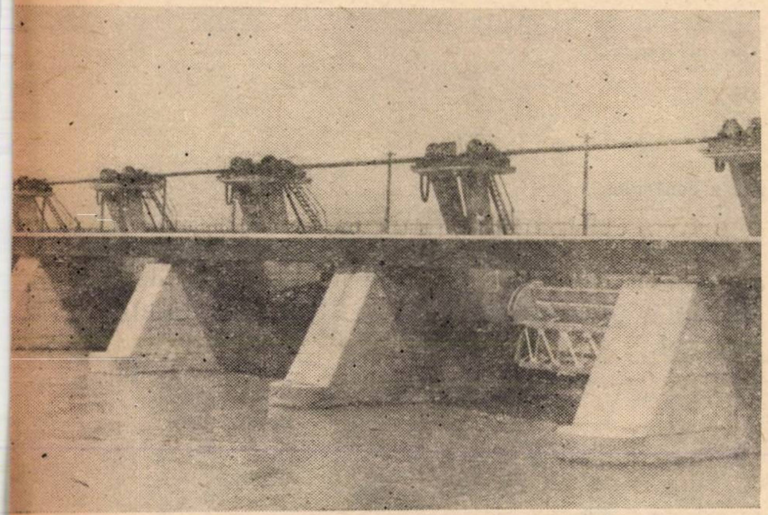


Fig. 8. Barajul CET Craiova.

Instalații hidrotehnice

Alimentarea cu apă industrială și de răcire a complexului Craiova are ca sursă rîul Jiu, cu un modul anual de 76 m³/s. Debitul necesar este asigurat în majoritatea timpului, cu excepția unor ani complet secetoși, cînd debitul rîului scade sub cel necesar complexului. Pentru a se asigura captarea unui debit atît de mare, a fost necesară proiectarea unei instalații formate dintr-un baraj de 138 m deschidere cu o retenție pînă la cota 85,50 m nMN (fig. 8). Lacul creat cu bieful amonte în lungime de aproximativ 4 km este conturat de diguri de protecție. Lîngă baraj s-a prevăzut o instalație de decantare, formată din opt compartimente de cîte 3 m³/s fiecare. Soluția pentru baraj a fost definitivată la faza de proiectare cu ajutorul încercărilor pe model.

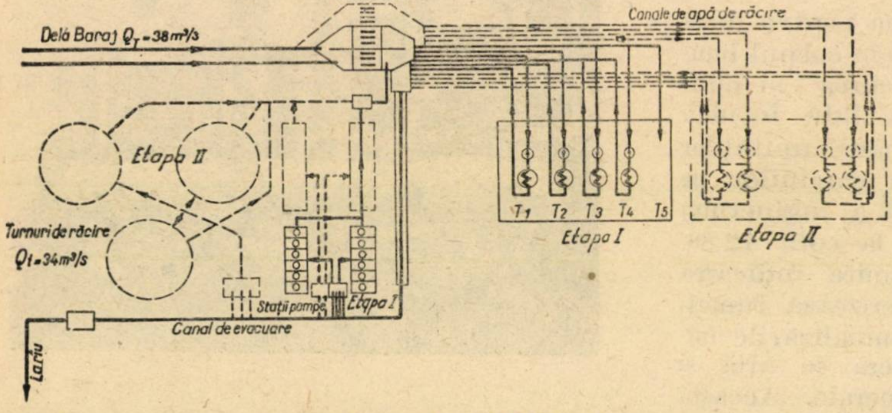

Casa sitelor
Canale de apă de răcire
Delá Baraj $Q_T = 38 m^3/s$
Etapa II
Turnuri de răcire
$Q_t = 34 m^3/s$
Stații pompe
Etapa I
Canal de evacuare
La rîu
T_1
T_2
T_3
T_4
T_5
Etapa I
Etapa II

Fig. 9. Schema circuitului hidrotehnic.

Apa decantată este condusă printr-un canal cu liberă scurgere în lungime de 2,4 km la bazinul de distribuție spre consumatori (CET și combinatul chimic).

Pentru îndepărtarea materialului fin, s-a prevăzut o casă de site rotative, iar pentru înlăturarea zaiului, un descărcător în amonte de casa sitelor. După trecerea prin casa sitelor, apa intră în canalele din beton armat, ajungînd la cuvele de aspirație ale pompelor verticale de circulație.

Apa caldă este evacuată la rîu sau, în perioadele de ape mici, la turnurile de răcire. Pentru prima etapă s-au prevăzut turnuri cu tiraj forțat (15 celule 10,4 × 13,80).

Schema circuitului hidrotehnic este prezentată în figura 9.

Asigurarea debitului de apă minim în circuit închis nu este posibilă în anii secetoși, în special în etapa a doua de dezvoltare a centralei, decît cu acumulări în bazinul rîului Jiu.

Partea de construcții și arhitectură

Clădirea principală, alcătuită din sala mașinilor, corpul buncărelor și sala cazanelor, are scheletul de rezistență din beton armat monolit. Acoperișul sălii mașinilor este din ferme metalice cu plăci prefabricate termoizolante (fig. 10).

Cazanele sînt de tip semiexterior, peretele din spate al acestora formînd și peretele sălii cazanelor, acoperișul fiind susținut de scheletul cazanelor (fig. 11).

Din cauza rezistențelor admisibile pe teren relativ mici, fundarea stîlpilor sălii mașinilor s-a făcut pe tălpi continue, iar corpul buncărelor s-a fundat pe un radier general.

Acolo unde a fost posibil s-au utilizat și materiale prefabricate (estacada de cărbune etc.).

La proiectarea buncărelor s-a ținut seamă de caracterul aderent al cărbunelui și s-au luat măsuri pentu reducerea și împiedicarea formării bolților de cărbune, prin asigurarea unei pante mari de scurgere și prin injecții intermitente de aer comprimat.

Prin montarea verticală a degazoarelor s-a evitat încărcarea clădirii buncărelor cu o sarcină suplimentară importantă.

În spațiul sălii cazanelor se găsesc construcțiile electrofiltrelor cu carcase de beton armat, stațiile de pompare a amestecului apă-cenușă, canale de gaze de ardere din grinzi tubulare monolite, căptușite la interior cu izolații termice, și coșuri de fum din beton armat monolit glisat.

Coșul de fum are o talpă de fundație de 34 m diametru la cota —5,30 ; diametrul la bază este de 16,16 m, iar la vîrf de 10 m.

Pentru mărirea vitezei de evacuare a gazelor de ardere la 25 m/s, s-a prevăzut un ajutaj interior de cărămizi de bazalt artificial, rezistent la eroziuni și la acțiuni chimice.

Un volum important de construcții a fost necesar pentru executarea gospodăriei de cărbune, compusă dintr-o stație de descărcare de 150 m lungime, două culbutoare de vagoane, două stații de concasare, estacada pentru benzi și căi ferate aferente.

Blocul de exploatare este legat de clădirea principală și a fost executat din beton armat monolit.

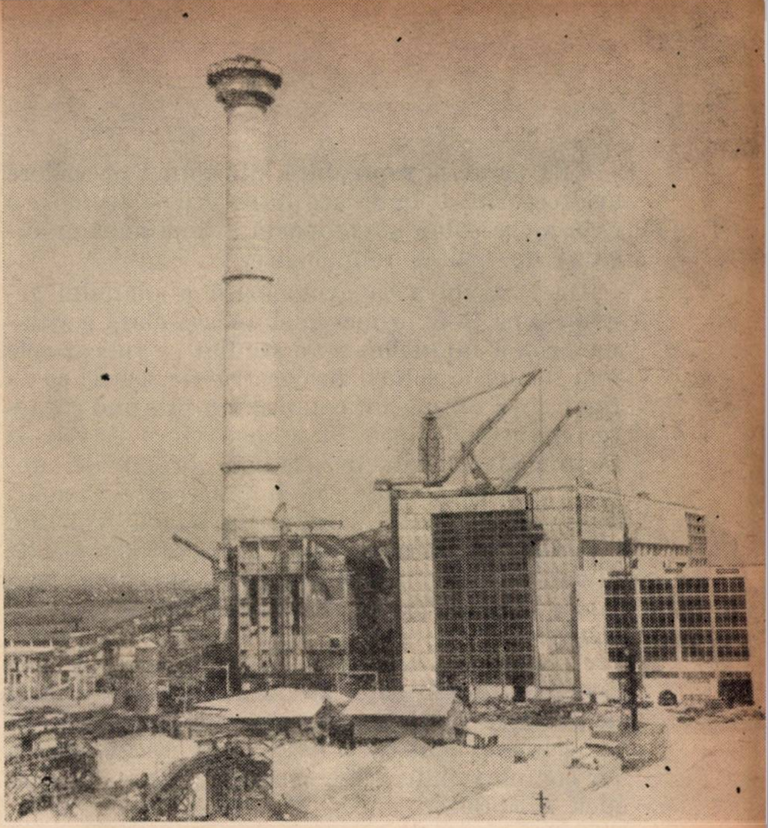


Fig. 10. Clădirea principală a CET Craiova în construcție.

Clădirile stațiilor exterioare au fost executate din stîlpi de beton armat centrifugat.

La centrală s-a mai prevăzut un turn de decuvare, o gospodărie de ulei, magazie de materiale, stație de reglare gaze, remiză de buldozere, depozit de hidrogen, depozit de carburanți etc.

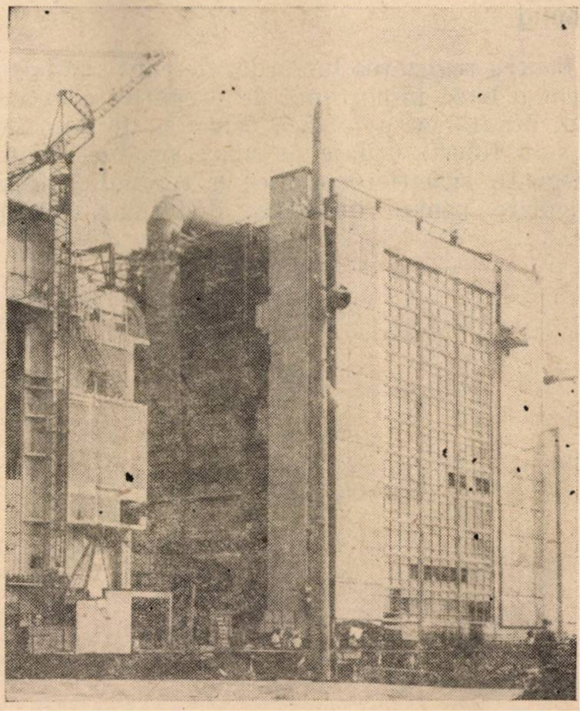


Fig. 11. Clădirea principală a CET Craiova — sala de cazane — în montaj.

CET Craiova reprezintă, din punct de vedere arhitectural, o îmbinare între util şi frumos, o exprimare sobră şi compactă a unei mari diversităţi de utilaje tehnologice.

De la rezolvarea armonioasă a planului general pînă la exprimarea simplă şi clară a volumelor şi a faţadelor, s-au studiat şi aplicat cele mai moderne soluţii în construcţie, astfel ca în final să se obţină un complex cu profund caracter industrial, însă în acelaşi timp estetic şi monumental. Silueta clădirii principale domină prin proporţiile sale impunătoare. Panouri mari prefabricate faţetate îmbracă volumul corpului buncărelor, astfel încît faţada prinde diferite umbre, realizîndu-se o suprafaţă mai vibrată. La celelalte clădiri s-au folosit aceleaşi elemente constructive, ca : ferestre de beton prefabricate, mozaicate, baghete verticale, panouri orizontale pline alternînd cu panouri mari de ferestre ambutisate, estacade îmbrăcate cu azbociment ondulat, astfel încît să se obţină un complex industrial, modern, la nivelul tehnicii actuale.

Indicii specifici ai centralei

Indicii tehnico-economici ai centralei Craiova oglindesc preocuparea introducerii unor agregate moderne cu performanţe ridicate, amplasate într-un ansamblu judicios conceput.

În tabela 1 se prezintă cîţiva din indicii mai importanţi.

Desfăşurarea lucrărilor de construcţii şi montaj

Pentru realizarea lucrărilor de construcţie s-a creat o bază importantă de pregătire a execuţiei, dotată cu o fabrică centrală de betoane, şi s-au folosit utilaje de mare productivitate, adecvate situaţiei specifice a terenului (filtre aciculare pentru desecarea incintelor, cofraje glisante pentru coşul de fum etc.). În scopul economisirii lemnului s-au folosit înlocuitori, cofraje şi schele metalice de inventar.

Tabela 1

Nr. crt.	Denumirea indicilor	U.M.	Mărimea indicilor
1	Consum specific de combustibil pentru producerea energiei electrice	kg c.c./kWh	0,332 pentru blocurile de 100 MW 0,180 pentru grupurile de termoficare
2	Consum specific de combustibil pentru producerea căldurii debitate prin termoficare	kg c.c./Gcal	168
3	Volumul specific al clădirii principale	m^3/MW	970
4	Suprafaţa specifică a clădirii principale	m^2/MW	29,20
5	Personal de servire specific	om/MW	1,85

Pentru montaj se utilizează două macarale-turn de cîte 600 t/m, în scopul ridicării elementelor preasamblate la sol.

Lucrările de la baraj au fost executate într-o incintă de palplanşe, situată în bucla Jiului, evitîndu-se astfel importante lucrări de deviere a apelor.

*

Pentu exploatarea centralei, s-a înfiinţat întreprinderea ICET Craiova, dotată cu cadre cu experienţă, transferate din alte centrale.

Prin punerea în funcţiune a acestei centrale, regiunea Oltenia va deveni un important producător de energie, ceea ce va aduce o contribuţie esenţială la dezvoltarea potenţialului industrial al ţării. Complexul mare de lucrări care alcătuieşte acest important obiectiv energetic a cerut un efort deosebit din partea proiectanţilor şi executanţilor, care şi-au adus cu entuziasm aportul pentru realizarea lucrării.

Dezvoltarea termoficării

Prof. ing. **I. D. Stăncescu**
director adjunct al Direcţiei electrificării
din Ministerul Minelor şi Energiei Electrice

Iniţiată în cadrul planului de electrificare pe perioada 1951—1960, accentuată pe baza Directivelor Congresului al II-lea al Partidului Muncitoresc Romîn şi mult amplificată pe baza Directivelor celui de-al III-lea Congres, termoficarea s-a consolidat ca una din principalele direcţii de dezvoltare a energeticii romîneşti.

Element esenţial al dezvoltării electrificării, deoarece permite producerea energiei electrice cu un consum specific de combustibil considerabil mai mic decît în cele mai bune centrale electrice cu condensaţie, termoficarea extinde, pe de altă parte, sfera alimentării centralizate cu energie la un nou şi important domeniu, cel al alimentării cu căldură. În felul acesta, un sector de consum energetic cu mare pondere, caracterizat pînă acum de condiţii puţin economice de producere a căldurii în numeroase instalaţii mici şi izolate, este integrat într-o formă superioară de alimentare, cu toate avantajele de siguranţă, economicitate şi confort de exploatare caracteristice sistemelor energetice moderne. În rîndul acestora, noile sisteme de termoficare, concepute şi dezvoltate în lumina tehnicii celei mai noi, joacă un rol din ce în ce mai important.

Fără îndoială că elementul determinant pentru eficienţa energetică şi economică a termoficării este economia de combustibil care se poate realiza prin producerea combinată a energiei electrice şi a căldurii şi prin distribuirea centralizată a căldurii astfel produse printr-o reţea de termoficare. La acest avantaj se mai adaugă siguranţa şi comoditatea de exploatare şi, în cazul termoficării urbane, un confort de locuit sporit şi un grad mai înalt de curăţenie a atmosferei oraşelor în urma reducerii evacuărilor nocive din mii de focare individuale.

Datorită acestor avantaje, termoficarea se dezvoltă strîns legată de dezvoltarea industrială şi economică a ţării, beneficiind de condiţiile deosebit de favorabile oferite de planificarea economiei noastre socialiste şi oferind la rîndu-i un puternic suport dezvoltării bazei energetice necesare construcţiei socialiste şi masivei campanii de construcţii de locuinţe în curs în toate oraşele patriei noastre.

În scurta prezentare a dezvoltării termoficării care urmează se va încerca a se pune în evidenţă mai ales continua creştere a concepţiei şi a nivelului calitativ al realizărilor, care situează termoficarea romînească la un loc de cinste pe scara tehnicii mondiale în acest domeniu.

1. Situaţia din trecut

În trecut nu au existat în ţară decît instalaţii disparate de producere combinată de energie electrică şi de căldură, cu caracter exclusiv industrial. Aceste instalaţii, din care majoritatea era constituită din ceea ce am denumi azi microcentrale de termoficare, adică din grupuri electrogene cu puteri mici, pînă la 300—400 kW, acţionate de maşini cu abur cu piston cu presiuni de 10—12 at, şi din numai cîteva grupuri turbogeneratoare cu puteri mai mari, au fost realizate ca centrale proprii ale diferitelor întreprinderi, în special fabrici de hîrtie, zahăr şi industrii textile, şi limitate toate la interesul şi deservirea întreprinderii respective.

Insuficient au fost folosite în trecut posibilităţile rafinăriilor de petrol, care, cu debite mari de consum de abur şi regim puţin variabil, se pretează în mod deosebit la termoficare.

Ca date de ansamblu, instalaţiile existente de producere combinată a energiei electrice şi a căldurii totalizau în 1948 o putere electrică instalată de circa 90 MW, cu o producţie anuală de circa 360 GWh, din care aproximativ jumătate în regim de condensaţie.

2. Dezvoltarea termoficării în cadrul planului de electrificare şi în cadrul planului şesenal în curs

Dezvoltarea termoficării în această perioadă a fost determinată de apariţia unei baze de consum termic în rapidă creştere şi este caracterizată de natura şi nivelul tehnic al echipamentelor de termoficare ce s-au putut procura din import sau executa în ţară la epoca realizării instalaţiilor respective. Desigur că, în afară de aceşti factori, a jucat un rol important creşterea continuă a nivelului tehnic al concepţiei şi execuţiei instalaţiilor, care s-a dezvoltat în urma unei activităţi de studii şi cercetare mereu amplificate, cît şi a unei experienţe proprii specifice condiţiilor romîneşti.

Un aport special a adus în această privinţă şi perfecţionarea metodelor de determinare a eficienţei economice a termoficării, care au permis să se pună în evidenţă mult mai bine efectele complexe ale economiei de combustibil realizabilă prin termoficare. În acest mod şi datorită studiilor din ce în ce mai aprofundate asupra evoluţiei structurii balanţei noastre de combustibil, s-a ajuns la concluzia că orice economie de combustibil constituie, în ultimă analiză, o reducere a extracţiei de lignit, care în condiţiile actuale şi în viitorul apropiat este cel mai scump şi dificil combustibil la care trebuie apelat.

Cu această bază clară de comparație, studii tehnico-economice, atît cu caracter general cît și întocmite pentru o serie întreagă de situații concrete, conchid că de cele mai multe ori realizarea unei economii de combustibil prin termoficare implică un efort economic mai mic decît mărirea extracției cu o cantitate de lignit corespunzătoare. La acest rezultat economic, avantajos în sine, mai trebuie adăugat efectul menajării rezervelor de combustibil și mai ales cel al înlocuirii unei munci grele de durată în industria minieră, care s-ar depune an de an pentru extracția cantității de lignit respective, printr-un efort depus o singură dată pentru construcția instalației ce permite economisirea acestui combustibil.

De cele mai multe ori nu este posibilă o distincție netă între termoficarea industrială și cea urbană, sistemele de termoficare avînd de obicei un caracter mixt. După cum predomină una sau alta din cele două forme de bază, se poate totuși vorbi de termoficare industrială sau urbană, forma predominantă imprimînd caracterul și structura specifică sistemului de termoficare respectiv. Din această cauză, precum și datorită dezvoltării lor diferit etapizate, cele două forme de bază ale termoficării vor fi tratate, în cele ce urmează, separat.

2.1. *Termoficarea industrială*

De fapt, primele preocupări sistematice pentru introducerea termoficării au apărut legate de necesitatea acoperirii unor cereri mari de căldură, determinate de apariția sau dezvoltarea unor importanți consumatori de căldură pentru scopuri tehnologice, la începutul primului plan cincinal. Ele au continuat pe măsură ce noile obiective industriale care urmau să fie alimentate cu căldură își precizau cererile, începînd curînd să îmbrățișeze și o serie de consumatori termici existenți, a căror gospodărie termică se preta a fi corespunzător raționalizată.

Tabela 1 redă, în ordinea de intrare în funcțiune a primei unități, dezvoltarea centralelor de termoficare industrială mai importante sau caracteristice pentru o anumită perioadă din intervalul de timp examinat. Ea include indicația dacă centrala respectivă deservește și un consum urban mai important, în care caz acesta este corespunzător pus în evidență în tabela 2,

Tabela 1

Dezvoltarea centralelor electrice de termoficare industrială mai importante sau caracteristice pentru intervalul 1950—1965

Denumirea CET	Intervalul de instalare	Puterea instalată, MW	Numărul și puterea grupurilor, MW	Parametrii aburului, at/°C	Obs.
Comănești	1954	24	2 × 12	29/400	*
Brăila	1955	6	2 × 3	40/400	
Combinatul siderurgic Hunedoara	1955—1964	18	1 × 12	40/450	*
			1 × 6		
Reşiţa	1956—1964	24	2 × 3	40/450	
			1 × 6		
			1 × 12		
Borzeşti	1956—1957	225	3 × 25	100/510	*
			2 × 50	140/570	
			1 × 50		
Rafinăria 3 Teleajen	1956	18	3 × 6	40/450	*
Rafinăria Dărmăneşti	1956	8	2 × 4	40/450	
Combinatul chimic 1 Făgăraş	1957—1961	12	2 × 3		
			1 × 6	40/450	
UPSOM-Oc. Mureş	1957—1963	13,7	1 × 1,5		
			1 × 8,2	40/450	
			1 × 4		
Fabrica de zahăr Livezi	1957	6,4	2 × 3,2	42/425	
Chiscani	1960—1965	87	2 × 6	40/450	
			3 × 25	140/540	*
Govora	1960	7,5	1 × 7,5	64/480	
Brazi	1961—1963	200	4 × 50	140/570	*
Roznov	1962	18	3 × 6	40/450	
Bucecea	1962	6	2 × 3	40/450	
Luduş (fàbrica de zahăr)	1962	6	1 × 6	40/450	
Suceava	1963	17	2 × 8,5	64/460	*
Popeşti-Leordeni	1963	8	2 × 4	40/450	
Craiova (partea de termoficare)	1964—1966	150	3 × 50	140/570	*
Pipera	1964	5,5	1 × 5,5	40/450	
Piteşti	1964	6	1 × 6	40/450	*
23 August	1964	8	2 × 4	40/450	*
Iași	1965—1966	50	2 × 25	100/540	*
Oradea	1965—1968	100	2 × 25	140/540	
			1 × 50	140/565	*

* CET este folosită și pentru termoficare urbană.

care se referă la dezvoltarea termoficării urbane.

Din punctul de vedere al concepției și structurii lor de bază, centralele de termoficare realizate sau în curs de realizare în perioada considerată pot fi grupate în trei categorii:

a) *CET industriale cu grupuri cu contrapresiune*, amplasate la consumatorul industrial de căldură și a căror putere și producție de energie electrică este dictată de regimul de consum termic.

În funcție de mărimea întreprinderii alimentate, astfel de CET s-au instalat cu puteri electrice foarte diferite. Ca exemplu caracteristic de CET industrială mică este citată CET Gălăuțași, de 750 kW, deservind un combinat industrial de prelucrare a lemnului. Soluții practic tipizate sînt realizate pentru fabricile de zahăr Luduș și Bucecea, cu schema termică de principiu redată în figura 1.

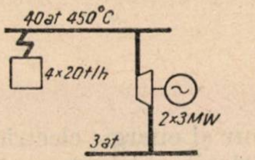


Fig. 1. Schema termică a CET de la fabricile de zahăr Luduș și Bucecea.

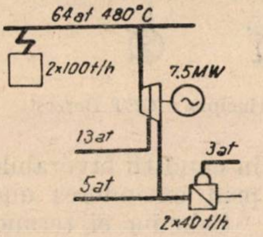


Fig. 2. Schema termică de principiu a CET Govora.

Deoarece campania de prelucrare a sfeclei coincide în cea mai mare parte cu perioada de încărcare de iarnă a sistemului electroenergetic, aportul CET din industria zahărului este foarte bine venit, cu atît mai mult cu cît, prin continuitatea și caracterul aproape constant al consumului de abur, se poate conta în întregime pe disponibilitatea puterii electrice a acestor grupuri cu contrapresiune.

Cu aceiași parametri medii, de 40 at, 450°C, caracteristici echipamentului fabricat în țară în această perioadă, însă cu cazane de 50 t/h și grupuri de 4—6 MW cu contrapresiune și priză reglabilă, au urmat CET Popești-Leordeni, CET „23 August" etc.

Cu CET Govora, cu parametrii de 64 at, 480°C, a cărei schemă termică este redată în figura 2, s-a trecut la parametri ai aburului viu ceva mai ridicați, ca de altfel și la CET Suceava, unde însă extinderea în curs, legată și de preluarea unui consum urban în dezvoltare, se face cu parametrii de 100 at, 540°C.

Noua CET industrială a Combinatului de prelucrare a stufului de la Chiscani este, prin cea de-a doua etapă a sa de înaltă presiune, instalația cea mai mare de la noi din țară, echipată cu grupuri cu contrapresiune și priză, folosită pentru livrare de abur tehnologic. După cum rezultă din figura 3, care redă schema termică de principiu a acestei CET, în prima etapă s-au montat două grupuri de cîte 6 MW cu condensație și două prize reglabile, alimentate în regim normal cu abur din cazane recuperatoare, în care se valorifică leșiile reziduale. Două cazane obișnuite de abur, de cîte 45 t/h, au caracter de rezervă și intervin, după necesități, pentru echilibrarea balanței de abur.

Cea de-a doua etapă cuprinde trei grupuri cu contrapresiune de cîte 25 MW la parametri ridicați, de 140 at, 540°C. Instalarea unei puteri atît de mari numai în grupuri cu contrapresiune a fost determinată de regimul de consum de abur tehnologic foarte uniform și de considerentele de a nu instala putere în condensație într-o regiune relativ depărtată de baze de combustibil.

Pregătirea apei de adaos, în cantități destul de importante, se face într-o instalație de demineralizare totală.

Un caz special în această categorie îl constituie CET a rafinăriei Teleajen, de mari proporții prin debitele de abur livrate, însă realizată la timpul său cu parametrii de numai 40 at, 450°C (3 × 6 MW cu contrapresiune), în lipsă de alt echipament disponibil la termenele scurte cerute pentru intrarea în funcțiune. Dată fiind tendința de creștere în continuare a consumului de abur, care a atins între timp aproape 400 t/h, cît și posibilitatea racordării și a altor consumatori apropiați, se studiază actualmente reprofilarea acestei centrale la parametri înalți.

b) *CET industriale de mărime mijlocie sau mici*, amplasate la consumatorul industrial pe care îl deservesc cu căldură și energie electrică și avînd, datorită părții lor de condensație, o oarecare libertate în ceea ce privește regimul electric.

CET industriale mici din această categorie nu sînt îndreptățite din punct de vedere energetic decît în cazul unor întreprinderi izolate, amplasate departe de rețeaua electrică generală și obligate, din această cauză, să facă față cu mijloace proprii cererilor de energie electrică.

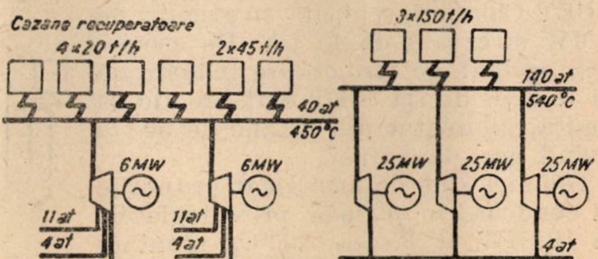


Fig. 3. Schema termică de principiu a CET Chiscani.

În primii ani ai planului de electrificare, cînd sistemul electroenergetic național se găsea încă în faze inițiale, a fost oportun să se monteze în diferite puncte, pe acea vreme izolate din punct de vedere electric, grupuri de 3 MW cu condensaţie şi o priză reglabilă, de fabricaţie romînească. Cu parametrii aburului viu de 35 at, 435°C şi cu priză industrială de 20 t/h la 4,5 at, astfel de grupuri, puţin pretenţioase în ceea ce priveşte pregătirea apei de adaos, au dat rezultate foarte bune în exploatare.

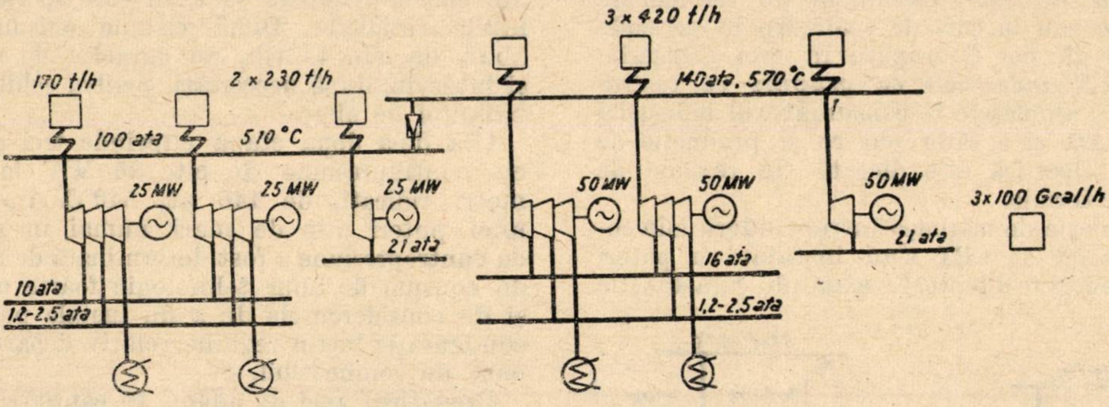


Fig. 4. Schema termică de principiu a CET Borzeşti.

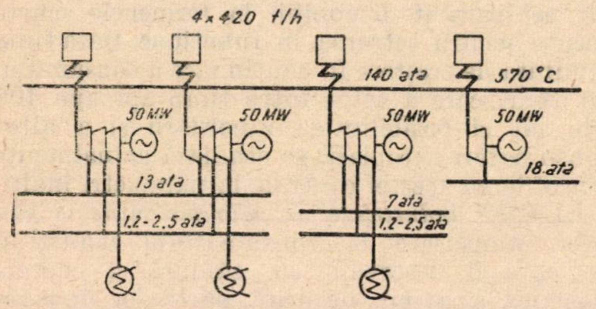


Fig. 5. Schema termică de principiu a CET Brazi.

Ca exemple caracteristice din această categorie se pot cita CET a Combinatului chimic Făgăraş, echipată cu grupuri de 3 MW, CET Brăila şi, după cum s-a arătat, prima etapă a CET Chiscani, echipată cu grupuri de 6 MW şi cazane de 45 t/h. De asemenea, grupul de termoficare industrială de 6 MW de la CET-Suflante de la Reşiţa, alimentat din cazane de 50 t/h arzînd gaz de furnal.

Tot aici sînt de menţionat grupurile cu condensaţie şi două prize reglabile de 12 MW şi 35 at, 435°C, montate la CET Hunedoara şi CET Tîrnăveni şi, mai recent, grupul de 12 MW în curs de montaj la CET „7 Noiembrie"-Reşiţa, acesta din urmă valorificînd resturi de gaz de furnal disponibile.

c) *CET mari*, de importanţă regională, în ceea ce priveşte puterea electrică şi deservind cu căldură cîteva mari întreprinderi amplasate în apropiere.

Prima CET din această categorie o constituie CET Borzeşti, pentru care este de reţinut că la masiva grupare a consumatorilor termici în jurul acestei centrale au contribuit esenţial considerentele energetice de a-i putea alimenta în condiţii favorabile cu abur şi energie electrică prin extinderea unor instalaţii existente.

Schema ei termică de principiu este redată în figura 4, cu cele două etape principale de dezvoltare în epoci caracterizate de nivele diferite ale parametrilor aburului viu şi mărimii puterii unitare a cazanelor de abur şi a grupurilor de termoficare.

A doua CET regională din această categorie şi care cu cei 200 MW în funcţiune constituie actualmente cea mai mare centrală de termoficare a ţării este CET Brazi. Concepută mai recent, CET Brazi, a cărei schemă termică de principiu este redată în figura 5, este echipată numai cu grupuri mari, de 50 MW, cu parametri înalţi. CET Brazi a fost construită atît pentru a acoperi creşterea de consum termic a rafinăriei Brazi, din imediata apropiere, dar şi pentru a raţionaliza alimentarea cu abur a unor rafinării existente în regiunea de sud a a oraşului Ploieşti, înlocuind producţia a peste 100 cazane de joasă presiune, mici şi învechite.

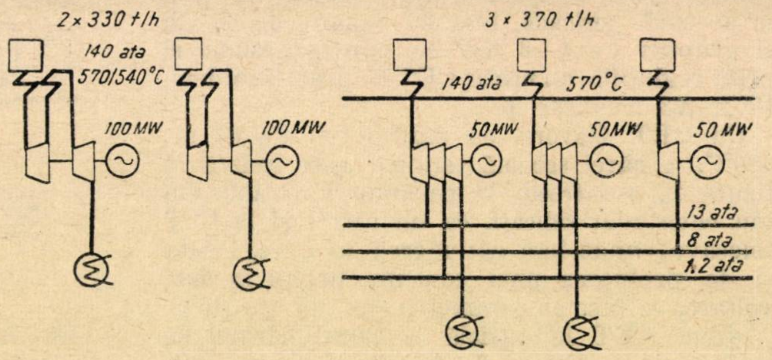


Fig. 6. Schema termică de principiu a CET Craiova.

În legătură cu această CET mai este de menţionat importanţa transportului de abur la grupa mai îndepărtată de consumatori, care, cu pînă la 300 t/h la parametrii de plecare de 16 ata și o distanță de transport de 5 km, reprezintă nu numai cea mai mare instalație de acest gen din țara noastră, dar și în general una din cele mai interesante realizări din acest domeniu pe plan mondial.

În faza finală de montaj se găsesc, în cadrul primei etape de echipare a CET Craiova — vezi schema termică în figura 6 —, cele două grupuri de termoficare de 50 MW cu condensație și priză cu parametri înalți, destinate alimentării cu abur a puternicului complex industrial chimic în construcție la Ișalnița, în apropiere de Craiova. Această CET este prima mare instalație de acest gen din țară folosind drept combustibil lignit, și are un caracter special, întrucît în centrala respectivă urmează a se monta în continuare puternice unități de condensație.

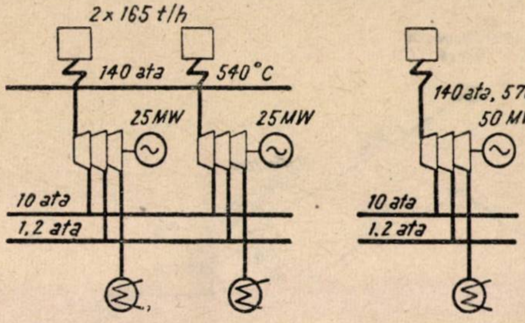


Fig. 7. Schema termică de principiu a CET Oradea.

Acțiunea de valorificare a lignitului și pentru alimentarea cu căldură industrială se continuă la CET Oradea, în curs de realizare cu două grupuri de 25 MW la parametri înalți, la care urmează a se adăuga o unitate de 50 MW. Pe lîngă alimentarea cu căldură a noului combinat de alumină, această centrală va prelua în viitor și un important consum termic urban (fig. 7).

În fine, este de menționat CET Iași, în execuție cu două grupuri de 25 MW (fig. 8) și care la ponderea aproape egală a consumului termic industrial și urban, pentru a cărei acoperire este destinată, reprezintă actualmente cea mai caracteristică instalație de termoficare de tip mixt din țară.

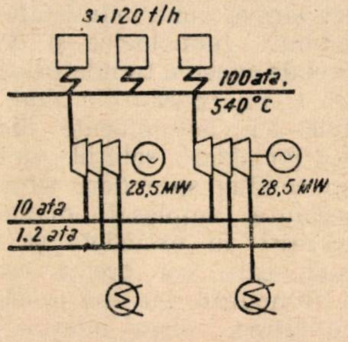


Fig. 8. Schema termică de principiu a CET Iași.

2.2. *Termoficarea urbană*

Deși procesele termice necesitînd temperaturi medii sau joase intervin cu o pondere de ordinul 75 —80% în consumul global de energie al gospodăriei urbane, măsura în care termoficarea poate interveni efectiv pentru acoperirea lor depinde de foarte mulți factori, majoritatea cu caracter local și legați în special de condițiile consumului de căldură.

În această privință, un rol determinant îl are mărimea consumului termic existent și viitor, susceptibil să fie acoperit prin termoficare, adică prezentînd, prin instalațiile interioare de încălzire ale clădirilor și poziția geografică a acestora, posibilitatea unei racordări la o rețea de termoficare. Din acest punct de vedere, situația consumului termic existent este în general puțin favorabilă, cota clădirilor vechi cu instalații interioare de radiatoare fiind relativ redusă. La noi în țară, cu excepția Capitalei, în nici un alt oraș nu există un număr suficient de clădiri cu încălzire centrală care să constituie o bază acceptabilă pentru termoficarea urbană. De-abia prin realizarea noilor construcții s-au creat condițiile pentru introducerea ei treptată în mai multe orașe din provincie și pe o scară largă în București.

În această situație, aplicarea termoficării urbane în țara noastră se face în condițiile specifice ale unui consum termic preponderent nou și în rapidă dezvoltare și cu includerea unor consumatori existenți, în general puțini și cu o pondere mai mare numai în Capitală.

Înainte însă ca această acțiune să fi fost angajată, a fost nevoie să se clarifice în mod indubitabil dacă în condițiile existenței sau posibilității introducerii unei rețele de distribuție publică de gaze naturale, situație specifică țării noastre, oportunitatea tehnică și economică a termoficării urbane se menține. Răspunsul a fost categoric afirmativ, condiționat însă evident de o limită inferioară de consum urban total și o anumită densitate minimă a consumului termic. De asemenea, s-a socotit necesar ca, în cadrul unei mici instalații de termoficare urbană experimentală, realizată prin alimentarea căminului de studenți nr. 1 și a clădirilor ICECHIM din CET Grozăvești, să se verifice în prealabil elementele de bază necesare proiectării instalațiilor de termoficare în condițiile noastre.

Aplicată restrîns în primul plan cincinal numai la alimentarea cu căldură a blocurilor de intervenție și coloniilor noilor centrale electrice construite în acest interval, termoficarea urbană își face drum cu prime realizări de proporții mai importante spre sfîrșitul celui de-al doilea plan cincinal, cînd, în urma dezvoltării generale a economiei în țara noastră, apar și baze de consum termic urban corespunzătoare.

Astfel de baze, suficiente ca mărime și densitate de consum pentru a îndreptăți și din punct de vedere economic aplicarea termoficării urbane, au fost oferite de concentrațiile de locuințe apărute în orașele muncitorești Reșița și Hunedoara și mai ales de cele ale noului oraș muncitoresc de la Onești.

Toate aceste trei cazuri sînt de fapt exemple de sisteme de termoficare mixtă, centralele de termoficare respective acoperind preponderent un consum termic industrial, la care s-a adăugat ulterior, la Hunedoara și Onești în 1959, consumul urban.

Ca prim sistem de termoficare urbană mai important s-a dezvoltat cel al orașului Onești, cu o sarcină termică nominală actuală de ordinul 50 Gcal/h și cu perspective de dezvoltare pînă la circa 200 Gcal/h. După cum rezultă din figura 9, căldura necesară orașului Onești este livrată acum de CET Borzești printr-o conductă de ducere cu un diametru de 500 mm, agentul termic reîntorcîndu-se prin două conducte de 300 mm. Magistrala de transport are o lungime de 5,7 km, distanța pînă la consumatorii finali fiind de circa 7,5 km.

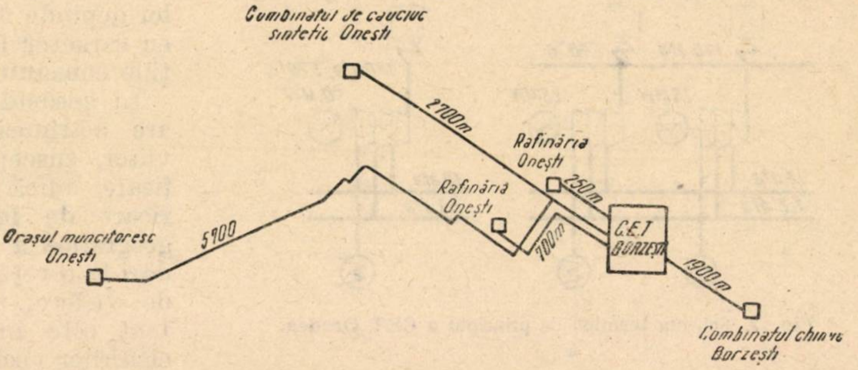

Combinatul de cauciuc sintetic Onești
2700m
Rafinăria Onești
250m
Rafinăria Onești
700m
C.E.T BORZEȘTI
1900m
Orașul muncitoresc Onești
5900
Combinatul chimic Borzești

Fig. 9. Schema de principiu a sistemului de termoficare mixtă, industrială-urbană Borzești—Onești.

În orașele Arad și Timișoara, începutul termoficării urbane s-a făcut folosind disponibilități de căldură din instalațiile vechilor centrale existente. În iernile 1961—1963, căldura a fost livrată din cazanele vechi de abur de 14 at, trecute la funcționare pe apă fierbinte, urmînd ca treptat noile grupuri de termoficare în curs de montaj să preia consumul urban prin rețelele de termoficare corespunzător extinse între timp. Pentru orașul Brad, în schimb, o priză reglabilă a unei turbine existente de 7,3 MW în CTE Gura-Barza a permis în 1962, de la început, funcționarea în regim de termoficare.

Aceeași situație se întîlnește în orașul Vulcan, unde cazane existente și apoi disponibilități de abur ale unor prize nereglabile alimentează din 1962 un prim lot de consumatori urbani, în cadrul unei soluții temporare, soluția definitivă urmînd a fi corespunzător încadrată în cea care se va stabili pentru întreaga Valea Jiului și pentru care actualmente sînt încă în studiu diferite variante.

Posibilitatea oferită de cazanele de apă fierbinte care se prevăd în mod normal ca unități de vîrf în CET urbane, de a putea prelua singure într-o primă etapă o alimentare centralizată cu căldură, a condus la atacarea sub această formă a sistemelor de termoficare urbană în orașele Galați, Iași și Suceava. Rețelele de termoficare în curs de execuție în aceste orașe vor permite astfel o alimentare cu căldură a noilor clădiri încă din iarna 1964—1965, deși centralele de termoficare respective nu vor fi încă în funcțiune. În timp ce însă la Iași și Suceava, centralele vor prelua sarcina termică în iarna următoare, cazanele de apă fierbinte, grupate la Galați într-o centrală termică de cartier, vor funcționa singure încă cîțiva ani, pînă cînd rețeaua termică respectivă va fi încadrată în sistemul de termoficare urban ce va fi alimentat dintr-o puternică CET a viitorului combinat siderurgic în curs de realizare.

În figura 10 este redată schematic structura sistemului mixt de termoficare industrială-urbană de la Iași, care prin concepția tehnică și configurația sa geografică constituie un exemplu reprezentativ de modul armonios în care pot fi rezolvate probleme de alimentare cu energie în cadrul unui complex conceput și dezvoltat de la început pe baza unei concepții unitare de ansamblu.

Și din punctul de vedere al termoficării, orașul București, cu ponderea sa mare industrială și economică, constituie un caz special. El se prezintă cu un consum termic urban uniform repartizat pe o suprafață aproape circulară, în care apar cîteva zone industriale cu importante consumuri tehnologice și de încălzire.

La un nivel de consum termic urban de ordinul 2000 Gcal/h și un consum de abur tehnologic de circa 1000 t/h, actualmente identificat ca dezvoltare și localizare, soluțiile de termoficare cercetate au condus spre două surse puternice de apă fierbinte, amplasate diametral opus, CET Grozăvești în extindere și noua CET București-sud, care vor prelua consumul de încălzire și alimentare cu apă caldă menajeră, în timp ce cîteva surse interioare, viitoare CET industriale cu contrapresiune, vor prelua alimentarea cu abur a consumului tehnologic în zonele respective. Prima din aceste surse este CET „23 August”, care va intra în funcțiune în acest an pentru alimentarea cu abur a industriilor din regiune, preluînd în același timp, prin cele două cazane de apă fierbinte de 100 Gcal/h montate aici, consumul urban din zonă, pînă cînd la finele anului viitor alimentarea acestora va trece asupra CET Bucureşti-sud printr-o magistrală de 1200 mm diametru.

Nivelul actual al dezvoltării termoficării urbane în Capitală este caracterizat de o sarcină termică nominală racordată de ordinul 200 Gcal/h, circa 20 000 apartamente alimentate cu căldură şi apă caldă menajeră şi o întindere a reţelei de termoficare de circa 60 km.

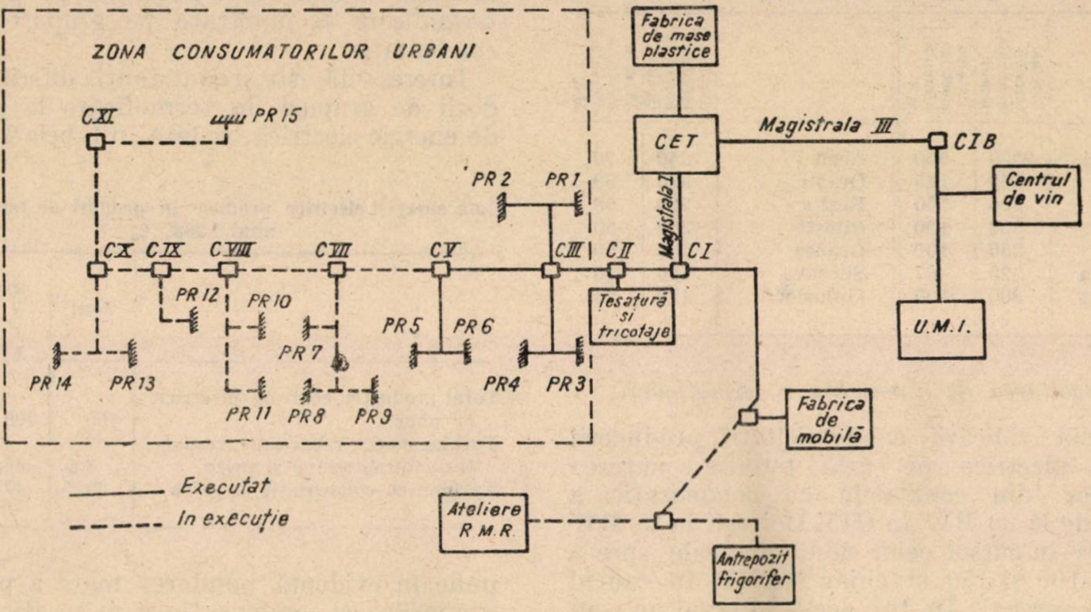

ZONA CONSUMATORILOR URBANI
CXI
PR 15
PR 2
PR 1
CX
CIX
CVIII
CVII
CV
CIII
CII
CI
PR 12
PR 10
PR 5
PR 6
PR 7
PR 14
PR 13
PR 4
PR 3
PR 11
PR 8
PR 9
Fabrica de mase plastice
CET
Magistrala III
Magistrala I
CIB
Centrul de vin
Ţesătură şi tricotaje
U.M.I.
Fabrica de mobilă
Executat
În execuţie
Ateliere R.M.R.
Antrepozit frigorifer

Fig. 10. Schema sistemului mixt de termoficare industrială-urbană din Iaşi.

În figura 11 este redat schematic stadiul actual al sistemului de termoficare urbană a Capitalei, conductele punctate reprezentînd legături şi extinderi viitoare.

Funcţionarea sistemului de termoficare urbană, la schema incipientă realizată la acea vreme, a început în iarna 1960 –1961, căldura fiind livrată din CET Griviţa Roşie şi CET Grozăveşti, în ambele cazuri din grupuri de termoficare existente de 2 × 1,6 MW, respectiv 25 MW. În timp ce la Griviţa Roşie s-a folosit un rest de capacitate disponibilă a unor grupuri de termoficare industrială din centrală, la CET Grozăveşti s-a valorificat pentru debitul de căldură un grup de 25 MW, instalat în anul 1958 şi prevăzut de pe atunci ca grup de termoficare.

Din anul 1963 a intervenit un nou grup, de 6 MW, montat la CET Griviţa Roşie, iar pentru iarna aceasta, prin intrarea în funcţiune a primului grup de termoficare urbană de 50 MW, cu parametri înalţi, la CET Grozăveşti, se va dispune nu numai de o importantă capacitate de producţie în plus, dar se vor putea ameliora sensibil şi indicii tehnico-economici respectivi, datorită marii economicităţi a acestei instalaţii.

Întrucît, după cum s-a arătat în cele ce preced, termoficarea urbană se mai găseşte actualmente într-un stadiu iniţial de dezvoltare şi ca atare prezentarea realizărilor nu este suficient de concludentă, în tabela 2 se redau date de profil pentru cîteva sisteme de termoficare urbană mai importante, începute sau prevăzute pentru viitor, după stadiul actual de cunoaştere sau apreciere. În afară de oraşele în care lucrările sînt deja începute, în tabela 2 au fost incluse şi unele oraşe ca: Ploieşti, Oradea, Constanţa, care au condiţii prielnice

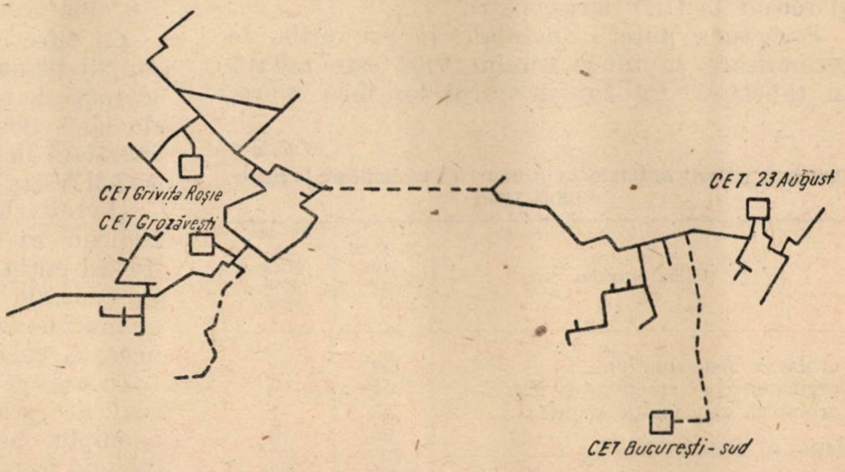

CET Griviţa Roşie
CET Grozăveşti
CET 23 August
CET Bucureşti-sud

Fig. 11. Schema actuală a sistemului de termoficare urbană a Capitalei.

de termoficare în viitor, fără însă ca această enumerare să excludă posibilitatea adăugării şi a altor oraşe, pentru care lucrări de studii în curs vor dovedi oportunitatea tehnică şi economică a termoficării.

Tabela 2

Date caracteristice pentru unele sisteme de termoficare urbană

	Sarcina termică nominală, Gcal/h	Puterea electrică aferentă, MW		Sarcina termică nominală, Gcal/h	Puterea electrică aferentă, MW
Bucureşti	2500	550	Arad	250	70
Iaşi	550	125	Oneşti	220	50
Galaţi	500	150	Reşiţa	200	68
Ploieşti	350	100	Piteşti	200	50
Craiova	350	100	Oradea	150	50
Timişoara	320	67	Suceava	120	20
Constanţa	300	100	Hunedoara	120	24

2.3. *Dezvoltarea de ansamblu a termoficării*

Pe linia ridicării economicităţii producerii energiei electrice pe cale termică, puterea grupurilor din centralele cu condensaţie a crescut de la 20 MW în CTE Doiceşti la 25 MW şi 50 MW în cursul celor două cincinale spre a trece la 100 şi 150 şi chiar 200 MW în cadrul planului şesenal. În tot acest interval nu s-au instalat grupuri cu abur cu puteri unitare sub 20 MW decît ca grupuri de termoficare. Şi puterea acestor grupuri a crescut însă continuu, de la 1, respectiv 3 MW, la 6 şi 25 MW în grupuri cu contrapresiune şi de la 3, respectiv 12 MW, la 25 MW în cele cu condensaţie şi prize reglabile. În ultimii ani s-a instalat un grup cu contrapresiune de 50 MW la CET Brazi şi mai multe grupuri cu condensaţie şi prize reglabile de 50 MW la CET Brazi, Borzeşti şi recent la CET Grozăveşti.

Structura puterii instalate în grupurile de termoficare la finele anului 1962 este redată în tabela 3. Cu tot numărul lor încă mare, grupurile cu maşini cu abur cu piston nu mai reprezintă, datorită puterii lor unitare mici, decît o cotă neînsemnată în cadrul puterii electrice totale instalate în termoficare. În schimb, turbinele cu condensaţie şi prize reglabile constituie, din cauza mărimii puterii lor unitare, categoria predominantă, deşi numeric sînt practic egale cu cele cu contrapresiune.

Tabela 3

Structura puterii instalate în grupuri de termoficare la finele anului 1962

Natura grupului	Numărul grupurilor %	Puterea electrică însumată, %
Turbine cu contrapresiune	22	18
Turbine cu contrapresiune şi prize	5	8
Turbine cu condensaţie şi prize	23	71
Maşini cu abur cu piston	50	3
	100	100

Ca structură generală, puterea totală instalată în centrale termoelectrice se repartiza la finele anului 1963 jumătate pe grupuri de termoficare şi jumătate pe grupuri cu pură condensaţie.

Interesantă este şi contribuţia diferitelor categorii de grupuri de termoficare la producţia de energie electrică, redată în tabela 4. Această pune în evidenţă ponderea mare a producţiei grupurilor cu condensaţie şi prize atît pe total cît şi în cadrul centralelor Ministerului Minelor şi Energiei Electrice, dar şi ponderea mare a producţiei în contrapresiune în centralele industriale, în care puterea unitară a grupurilor este sensibil mai mică.

Tabela 4

Cota energiei electrice produse în grupuri de termoficare în anul 1963, %

	Total	Centrale industriale	Centrale M.M.E.E.
Total producţie centrale electrice cu abur	100	100	100
Turbine cu contrapresiune, respectiv contrapresiune şi prize	8,6	37,8	3,3
Turbine cu condensaţie şi prize	39,4	47,4	37,9

În ceea ce priveşte ponderea căldurii livrate din abur destins în turbine de termoficare, aceasta a reprezentat 26,7% din producţia de abur a cazanelor centralelor electrice ale M.M.E.E., respectiv circa 50% din producţia de abur a cazanelor din centralele industriale.

Ca cifre intermediare se poate reţine că în cursul planului de electrificare s-a instalat în grupuri de termoficare o putere electrică totală de circa 400 MW, astfel încît în 1960 puterea instalată în centrale de termoficare reprezenta 472 MW sau 26,5% din puterea instalată totală.

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. indicau ca în cadrul planului şesenal o cotă de cel puţin 50% din puterea totală de instalat în centrale termoelectrice să fie instalată în grupuri de termoficare. După aprecierile actuale această cotă va fi sensibil depăşită.

În ceea ce priveşte economiile de combustibil realizate prin termoficare, sînt de indicat, de exemplu, pentru perioada de 12 luni care include iarna 1962–1963, cîte 150 000 t c.c. în sistemele de termoficare Borzeşti-Oneşti şi Brazi. Aceste economii vor creşte substanţial în anii viitori, în perioada citată sarcina termică atinsă în ambele sisteme reprezentînd, datorită dezvoltării în timp a instalaţiilor consumatoare, numai o fracţiune a sarcinii nominale finale a centralelor respective.

În domeniul termoficării urbane, economiile de combustibil realizate sînt sensibil mai mici, sistemele respective găsindu-se încă în faze inițiale de dezvoltare. Cu toate acestea, în perioada de încălzire 1962 –1963, în București s-a realizat o economie de ordinul 25 000 t c.c., deși rețeaua de termoficare în funcțiune era restrînsă, iar energia electrică produsă numai în grupuri de joasă presiune. În schimb, această economie de combustibil are mari perspective de creștere, numai în Capitală, de exemplu, ea fiind apreciată de ordinul a 1 milion t c.c./an la nivelul anului 1975.

3. Progresul tehnic

Nu este cazul și nici nu este posibil ca într-o prezentare de ansamblu ca cea de față să se expună în mod detaliat multiplele aspecte ale progresului tehnic înregistrat în țară în domeniul termoficării. Se consideră însă necesar, și aceasta pentru a reliefa ansamblul, să se pună totuși în evidență unele aspecte de progres tehnic care au influențat hotărîtor dezvoltarea și economicitatea instalațiilor de termoficare.

Astfel este de relevat în primul rînd preocuparea ridicării indicelui de termoficare, adică a producției specifice de putere, respectiv energie electrică, pe unitatea de căldură livrată consumatorilor. După cum rezultă din figura 12, acest indice crește mult cu folosirea unor parametri mai ridicați ai aburului viu, respectiv în funcție de scăderea presiunii pînă la care poate fi destins aburul în turbinele de termoficare.

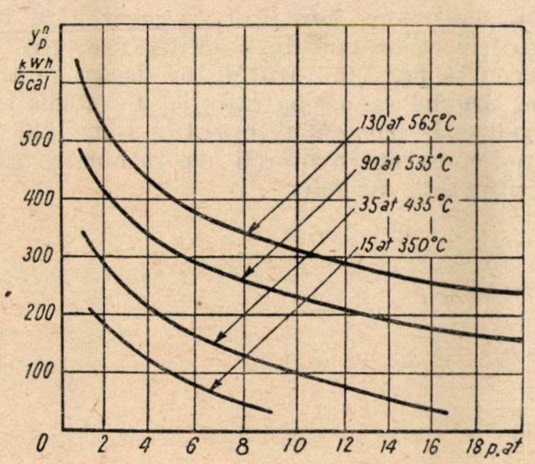


Fig. 12. Variația indicelui de termoficare nominal în funcție de parametrii aburului viu și contrapresiune.

Urmărind consecvent creșterea indicelui de termoficare, în centralele de termoficare ale M.M.E.E., parametrii aburului viu au fost ridicați de la treapta de 29 at și 400°C, respectiv 40 at și 450°C, caracteristică grupurilor de 3 și 12 MW, la 100 at și 510°C pentru grupurile de 25 MW și în continuare la 140 at și 570°C pentru unitățile de 50 MW. Pentru centralele de termoficare industriale nu s-a putut depăși treapta de 40 at și 450°C decît la cele cu echipament din import, din țară putîndu-se dispune pînă acum numai de instalații cu acești parametri. În prezent este însă în curs de asimilare fabricația de cazane de abur de 50 și 100 t/h la 100 at și 540°C și grupuri turbogeneratoare corespunzătoare, astfel încît în scurt timp se va putea face un salt calitativ important și în domeniul centralelor industriale de puteri mici și mijlocii.

O preocupare specială a constituit-o problema oportunității părților suplimentare de condensație la grupurile de termoficare. Ținînd seamă de consumul specific de căldură pe kWh produsă în regim de condensație de aceste grupuri, sensibil mai mare decît cel în marile CTE din sistem, se cristalizează din ce în ce mai mult concluzia evitării lor la grupurile mici și a prevederii lor la grupurile de termoficare urbană de 50 MW sau mai mari. Pentru grupurile de termoficare industrială de 25 MW și mai mari, oportunitatea acestor părți de condensație trebuie examinată de la caz la caz în funcție de variația anuală a consumului tehnologic, de siguranța cu care se poate aprecia etapizarea apariției lui și de situația rezervei de putere electrică în sistemul național. La grupurile mari trebuie ținut seamă că, pe lîngă asigurarea puterii electrice nominale, astfel de părți de condensație pot oferi în anumite condiții de încărcare o putere adițională — de exemplu grupurile actuale de 50 MW se pot supraîncărca pînă la 65 MW — putere care poate fi deosebit de interesantă pentru sistemul electroenergetic, atît ca rezervă, dar și ca intervenție la vîrf.

Pe lîngă aceste preocupări legate de centrala de termoficare ca unică sursă de căldură, dar și ca element integrant al sistemului electroenergetic, s-au realizat progrese tehnice substanțiale și în concepția și execuția rețelelor de termoficare și a racordurilor termice aferente, atît ca elemente componente ale unui sistem de termoficare unitar conceput cît și ca instalații în sine, cu caracteristici tehnice și indici economici proprii. În această privință ar fi de relevat îndeosebi importanța introducerii folosirii conductelor sudate în spirală fabricate în țară, care datorită pereților lor subțiri au redus mult consumul de metal și investițiile specifice în rețelele de termoficare, înlesnind în același timp aprovizionarea în ritmul necesar într-un domeniu altfel extrem de solicitat.

Cu concursul din ce în ce mai activ și larg al tehnologilor din diferitele industrii, s-a reușit să se coboare presiunea cu care trebuie livrat aburul tehnologic pînă la limitele inferioare la care mai poate fi acceptat de instalațiile industriale respective. Un progres substanțial s-a înregistrat în această privință și în domeniul termoficării urbane, prin coborîrea intervalului de variație a presiunii prizelor de încălzire la noile grupuri de termoficare de 50 MW pînă la 0,5 ata, față de numai 1,2 ata la unitățile anterioare de 25 MW. Aceasta are ca urmare o sporire masivă a cantității de energie electrică produsă anual pe baza aceluiași consum termic urban dat (fig. 12).

Introducerea folosirii cazanelor de apă fierbinte de 50 și 100 Gcal/h fabricate în țară, ca unități de vîrf în CET urbane, sau devansînd, după cum s-a arătat, construcția acestora, a ieftinit mult investiția în aceste centrale, fără a prejudicia randamentul producerii căldurii respective, aceste cazane realizînd randamente de ordinul 0,9 la sarcina nominală și chiar mai mult la sarcini parțiale.

Urmărind corespunzător elementele care au redus investiția specifică și au mărit în același timp randamentele centralelor termoelectrice cu condensație, s-au aplicat și la centralele de termoficare, oricînd aceasta a fost posibil, pe lîngă ridicarea parametrilor aburului viu deja relevată, și celelalte măsuri, ca : mărirea puterii unitare a cazanelor și grupurilor turbogeneratoare, apropierea de schema-bloc, dacă nu complet funcțional, cel puțin ca dispoziție și structură de bază, grad înalt de automatizare, inclusiv centralizarea conducerii exploatării din camere de comandă termice, etc. Ca element nou, de asemenea preluat, este de menționat și aplicarea demineralizării totale pentru pregătirea apei de adaos, care însă, în condițiile marilor CET industriale în care acest necesar atinge 500—600 t/h, a devenit un factor extrem de important atît pentru siguranța cît și pentru economicitatea exploatării.

Limitînd la aceste aspecte, îndeosebi caracteristice, problemele legate de progresul tehnic în instalațiile noastre de termoficare, se poate conchide că termoficarea a luat, în condițiile noastre specifice și cu concursul celei mai noi tehnici din acest domeniu, forme deosebit de eficiente de aplicare.

4. Perspectivele dezvoltării termoficării

Rezultatele îmbucurătoare la care s-a ajuns pînă în prezent, atît din punctul de vedere al nivelului tehnic, cît și al volumului instalațiilor, nu reprezintă totuși decît un stadiu intermediar al unei dezvoltări cu mari perspective.

Dezvoltarea excepțională a producției industriale și a construcției de locuințe în curs în țara noastră va asigura, datorită ritmului lor susținut, o creștere masivă a consumului de căldură și de energie electrică, oferind astfel în continuare termoficării baza de consum termic necesară producției combinate de energie electrică și de căldură. Această acțiune va fi mult sprijinită în viitor de posibilitatea de a putea dispune de un echipament energetic de termoficare cu performanțe ridicate, acum în curs de asimilare de către industria noastră constructoare de mașini, precum și de experiența dobîndită între timp de cadrele noastre de proiectare, execuție și exploatare.

În acest mod, continuarea dezvoltării termoficării va dispune de condiții bine pregătite în ceea ce privește formele ei clasice de aplicare, urmînd ca pe parcurs să fie studiate și introduse la momentul oportun forme noi, ca termoficarea cu instalații cu turbine cu gaze sau instalații nucleare.

Dezvoltarea instalațiilor de transport și distribuție a energiei electrice

Conf. ing. **Emil Constantinescu**
director tehnic al Institutului
de studii și proiectări energetice

Dezvoltarea sistemului energetic

În domeniul instalațiilor de transport și distribuție a energiei electrice, în prima etapă a realizării planului decenal de electrificare, adică pînă în 1955, atenția și efortul principal au fost îndreptate în special spre alimentarea cu energie electrică a consumatorilor, prin realizarea unor rețele locale. Această perioadă corespunde formării unor sisteme energetice regionale, izolate unele de altele, conținînd o serie de noi rețele la tensiunile de 110 și 35 kV, alături de rețelele existente de 60, 25 și 15 kV. Au apărut, astfel, sistemele energetice regionale Muntenia, Moldova, Dobrogea, Ardealul central, Ardealul de sud-vest și Ardealul de nord-vest. Dezvoltarea în continuare a producției de energie electrică, respectiv realizarea unor noi centrale electrice și cerințele din ce în ce mai mari cu privire la calitatea energiei electrice livrate consumatorilor au determinat unificarea treptată a acestor sisteme locale, prin realizarea unor linii de interconexiune internă. Astfel, în anii 1954 –1957 s-au construit liniile Sîngeorgiu – Brașov, Focșani – Ploiești, Tîrnăveni – Hunedoara – Paroșeni și Cluj – Baia Mare, prin care s-au interconectat toate sistemele din țară, cu excepția sistemului energetic Dobrogea, care s-a interconectat mai tîrziu la sistemul energetic național, prin realizarea liniei de 110 kV Galați – Medgidia. În acest fel, în anii 1958 –1959 a fost practic realizat un sistem energetic interconectat, unic pentru întreaga țară.

Din analiza tabelelor 1 și 2 rezultă o trăsătură esențială a evoluției sistemului nostru energetic pînă în prezent, și anume dezvoltarea foarte intensă a rețelelor de 110 kV, dezvoltare care s-a făcut în oarecare măsură în detrimentul unor rețele de alte tensiuni, în principal din următoarele cauze:

— Datorită repartiției relativ uniforme a resurselor energetice pe teritoriul țării (implicit și a centralelor electrice) și consumului relativ uniform, o bună perioadă de timp nu a fost necesară realizarea unor mari magistrale de transport de foarte înaltă tensiune (superioară celei de 110 kV), din zonele producătoare către zonele consumatoare. Aceasta a făcut ca mult timp tensiunea de transport cea mai înaltă în sistemul energetic să fie tensiunea de 110 kV, care a servit atît pentru transport, cît și pentru distribuție în sistem.

Tabela 1

Evoluția liniilor de transport și distribuție în intervalul 1950 – 1963 (lungimi în km)

Tipul liniilor	1950	1960	1963
Linii de 220 kV și mai mult	—	—	538
Linii de 110 kV	127	2 815	4 734
Linii de 35 – 60 kV	484	3 095	3 879
Rețele de distribuție sub 30 kV	3 176	17 003	30 116

Tabela 2

Evoluția stațiilor și posturilor de transformare în intervalul 1950 – 1963

(număr/putere totală instalată, MVA)

Tensiune superioară	1950	1960	1963
220 kV	—	—	4/725
110 kV	1/14	47/1 915	97/3 685
35 – 60 kV	90/120	272/1 683	292/2 263
6 – 30 kV		3 398/1 134	7 127/1 969

— Avîntul mare al dezvoltării întregii industrii, în special după 1960, a determinat o creștere foarte rapidă a consumului de energie electrică, atît în perspectiva imediată cît și în cea depărtată. În aceste condiții, pentru alimentarea diferiților consumatori, a rezultat economică în foarte multe cazuri introducerea de la început a tensiunii de 110 kV, în locul celei de 35 kV, pentru a putea face față circulațiilor de putere mărite din viitor.

Acest lucru rezultă și din analiza comparativă a evoluției rețelelor de 100 și de 35 kV. În timp ce în intervalul 1950 – 1960, rețelele de 110 și 35 kV au avut practic aceeași evoluție, în 1960 –1963 evoluția rețelelor de 110 kV a fost mult mai rapidă decît a celor de 35 kV.

Întrucît la tensiunea de 110 kV s-au realizat nu numai rețele de transport, ci și rețele de distribuție, soluțiile preconizate au trebuit să se încadreze în aceste noi condiții. Astfel, a apărut o serie de stații de 110 kV de tip industrial, care servesc aproape întotdeauna, fie exclusiv, fie în cea mai mare parte, un singur consumator industrial (de exemplu stația de transformare de 110 kV Chiscani, sau altele în curs de realizare, cum ar fi la Tr. Măgurele, Dej). Schema acestor stații este de obicei simplificată, adaptată condițiilor de pătrundere adîncă în cadrul unui complex industrial.

Creşterea în continuare a consumului de energie electrică, respectiv creşterea necesităţilor de transport în sistemul energetic, a determinat apariţia şi a unor tensiuni superioare celei de 110 kV. Astfel, în 1963 s-a pus în funcţiune la tensiunea de 220 kV linia Bicaz—Sîngeorgiu—Luduş, prin care se realizează o interconectare directă a sistemelor energetice Moldova şi Ardealul central. De asemenea s-au construit sau sînt în curs de construcţie şi alte linii de 220 kV pentru alimentarea cu energie electrică a marilor obiective ale planului şesenal sau a marilor centre de consum, a căror evoluţie energetică face să devină insuficientă capacitatea de transport a reţelelor de 110 kV. S-a realizat astfel linia de 220 kV Luduş—Hunedoara pentru a alimenta cu energie electrică noile instalaţii ale Combinatului de la Hunedoara.

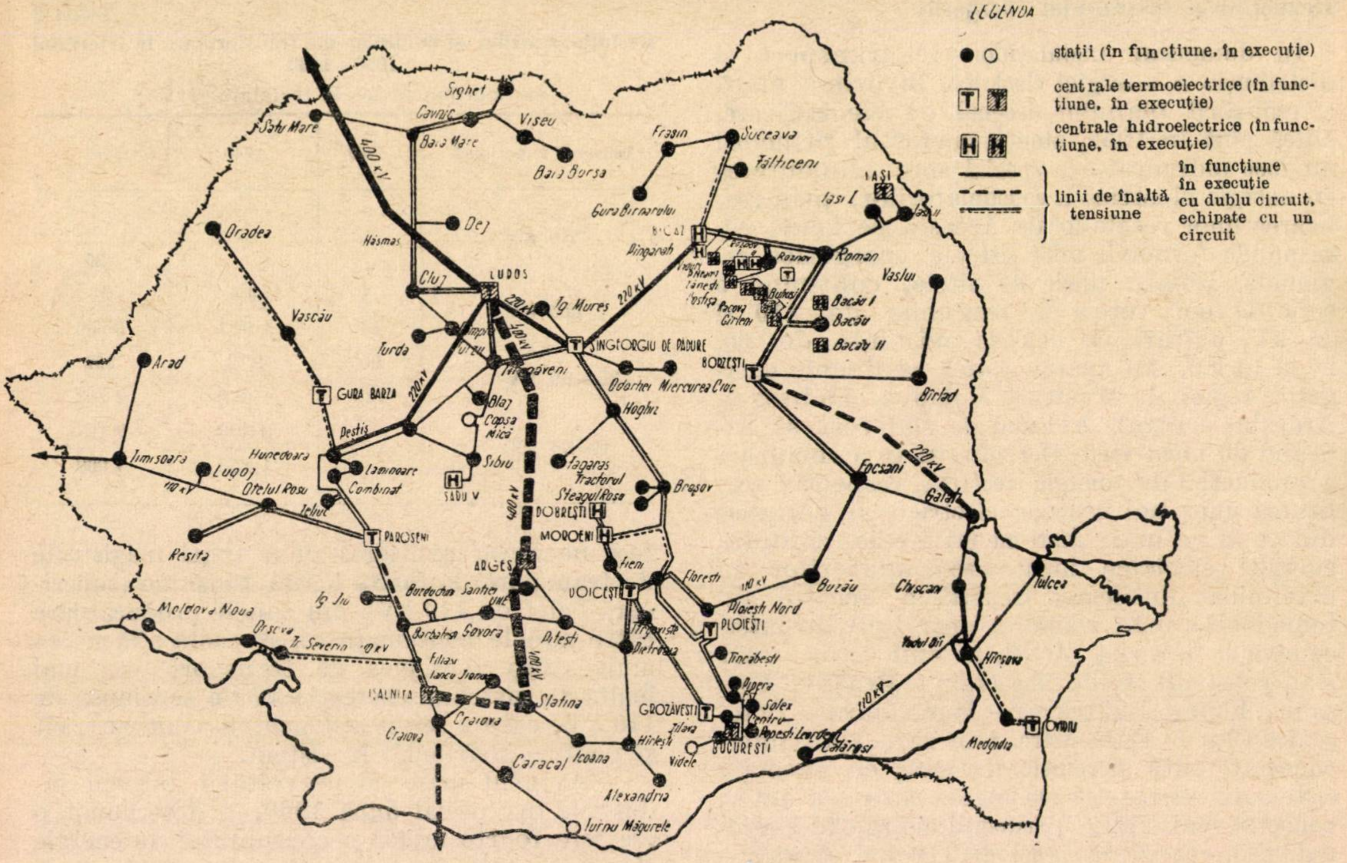

LEGENDA
● ○ staţii (în funcţiune, în execuţie)
T centrale termoelectrice (în funcţiune, în execuţie)
H centrale hidroelectrice (în funcţiune, în execuţie)
linii de înaltă tensiune
în funcţiune
în execuţie
cu dublu circuit, echipate cu un circuit
400 kV
220 kV
110 kV
Sighet
Satu Mare
Cavnic
Baia Mare
Vişeu
Baia Borşa
Dej
Oradea
Cluj
LUDUŞ
Tg. Mureş
Frasin
Suceava
Fălticeni
Gura Humorului
Dîmbovicioara
BICAZ
IAŞI
Iaşi I
Roman
Vaslui
Bacău I
Bacău
Bacău II
BORZEŞTI
Bîrlad
SÎNGEORGIU DE PĂDURE
Odorhei
Miercurea Ciuc
Hoghiz
Vaşcău
Turda
Arad
GURA BARZA
Deştiş
Blaj
Copşa Mică
Sibiu
SADU V
Timişoara
Lugoj
Hunedoara
Laminoare
Combinat
Oţelul Roşu
Reşiţa
PAROŞENI
Făgăraş
Tractorul
Steagul Roşu
Braşov
DOBREŞTI
MOROENI
Focşani
Galaţi
ARGEŞ
VOICEŞTI
Fieni
Floreşti
Buzău
Ploieşti Nord
PLOIEŞTI
Tg. Jiu
Moldova Nouă
Orşova
Tr. Severin
Govora
Piteşti
Titu
Chiscani
Tulcea
Brăila
Hîrşova
Tîncăbeşti
ISALNIŢA
Craiova
Slatina
Caracal
Iconaru
GROZĂVEŞTI
BUCUREŞTI
Videle
Alexandria
Turnu Măgurele
Călăraşi
Medgidia
OVIDIU

Fig. 1. Reţelele sistemului energetic naţional al R.P.R. —110 — 220 — 400 kV.

Tot în cursul anului 1963 s-a pus în funcţiune la tensiunea de 220 kV linia de 400 kV Luduş — R.S.C. Trecerea acestei linii pe teritoriul Ucrainei de vest a condus la racordarea ei la staţia Mukacevo, cu ale cărei bare colectoare este legată şi linia de interconexiune U.R.S.S. — R.P.U. Astfel, prin linia Luduş — R.S.C., sistemul energetic al ţării noastre s-a interconectat cu sistemele energetice ale ţărilor socialiste din nord (R.D.G., R.P.P., R.S.C., R.P.U. şi U.R.S.S.), permiţînd obţinerea unor importante avantaje, datorită ajutorului reciproc care se poate asigura între sistemele energetice ale ţărilor respective. În vederea realizării unei funcţionări cît mai corecte a acestor sisteme interconectate, s-a creat un organ internaţional la Praga, Direcţia Centrală de Dispecer (DCD), care coordonează funcţionarea în paralel a acestor sisteme, în scopul respectării acordurilor existente între ţările membre şi asigurării ajutorului reciproc.

De asemenea, la începutul acestui an s-a realizat în Banat o linie de 110 kV între sistemul energetic al R.P.R. şi cel al R.S.F.I., linie destinată unui schimb local de energie între cele două sisteme energetice. În vederea unor viitoare interconectări internaţionale, în prezent este în studiu, într-o fază avansată, linia de 220 kV Craiova—Dunărea, cu ajutorul căreia se va tranzita prin reţeaua ţării noastre o importantă cantitate de energie electrică din U.R.S.S. către R.P.B., care se va interconecta cu sistemele energetice ale celorlalte ţări socialiste.

Analiza situaţiei reţelelor de distribuţie urbană şi rurală (reţele cuprinse în intervalul tensiunilor de 1—30 kV) arată o evoluţie la fel de rapidă ca şi a reţelelor de tensiuni mai mari. Acest lucru se datoreşte în principal marii dezvoltări a electrificărilor rurale, acțiunii de modernizare și extindere a rețelelor urbane și dezvoltării unor puternice rețele de distribuție în incinta marilor combinate industriale. În ceea ce privește rețelele de distribuție rurală, sînt de semnalat studiile făcute din care rezultă oportunitatea trecerii acestor rețele de la tensiunea de 15 kV la 20 kV.

În mod similar s-au înregistrat progrese în ceea ce privește electrificarea urbană. Astfel, o mare serie de centre urbane au fost reamenajate pe baza unor studii, ținînd seamă de evoluția în perspectivă. Se remarcă apariția în interiorul unor mari centre urbane a mai multor stații de transformare pentru alimentarea prin transformare directă (110/6 kV) a rețelelor de distribuție (București, Cluj, Iași, Brașov). Trebuie menționată de asemenea reorganizarea rețelei de distribuție din București, prin introducerea unor concepții moderne cu privire la structura rețelei de 5 kV (în viitor 10 kV) și prin pătrunderea cu tensiunea de 110 kV chiar în centrul orașului. În acest sens s-a și realizat în cea mai mare parte un inel aerian de 110 kV în jurul orașului și o diagonală în cablu, la care în zona centrală a fost racordată o primă stație de transformare de 110/30/5 kV.

Concomitent cu formarea și dezvoltarea sistemului energetic unic al țării noastre au evoluat și concepțiile privind analiza, organizarea și funcționarea sistemului, în toate compartimentele sale. Astfel, pentru analiza tuturor fenomenelor ce survin în funcționarea sistemului, analiză care devine din ce în ce mai complexă în urma creșterii gradului de interconexiune al sistemului atît pe plan intern cît și pe plan internațional, în ultimii ani s-a trecut la utilizarea intensă a mașinilor de calcul cifrice de tip CIFA. În timp ce în 1959 întreaga durată de utilizare în acest scop a calculatoarelor a fost de 10 ore, în 1963 a crescut la 1 750 ore. Fără introducerea acestor noi mijloace de calcul, auxiliare prețioase ale proiectantului de rețele, o serie de probleme nu numai că s-ar fi rezolvat într-un mod mai lent sau insuficient, ci unele dintre ele nu ar fi putut fi de loc abordate (de exemplu circulațiile de puteri active și reactive într-un sistem energetic complex și unele aspecte ale interconexiunii cu R.S.C. sau cu R.P.B.).

În cursul acestui an s-au atacat noi aspecte ale funcționării sistemului energetic, prin utilizarea și a celorlalte calculatoare de tip cifric sau analogic existente în R.P.R., dintre care cităm studiul repartiției optime a sarcinilor între centralele termoelectrice și hidroelectrice și analiza științifică a curbelor de sarcină cu ajutorul calculatoarelor cu cartele perforate. Pentru a-și putea dezvolta mai departe activitatea în această direcție, în cursul acestui an Institutul de studii și proiectări energetice (ISPE) urmează a fi dotat cu un calculator cifric CIFA —102.

Analiza sub toate aspectele și din ce în ce mai profundă a sistemului energetic a permis elaborarea unor noi metode originale, cum ar fi analiza nodală a sistemului energetic cu multiplele sale aplicații, optimizarea încercărilor în rețele pentru determinarea corectă a parametrilor necesari introducerii reglajului frecvență-putere etc.

În vederea asigurării unei funcționări cît mai bune a sistemului energetic pe baza unor ample studii, urmează ca în cel mai scurt timp dispecerul național, creat încă din 1955, să fie dotat cu o serie de instalații moderne de telecomandă, telemăsură, telesemnalizare și cu o instalație centrală de reglaj frecvență-putere. În acest fel, sistemul nostru va putea avea o funcționare corespunzătoare din punct de vedere tehnic și economic, atît în ceea ce privește necesitățile consumatorilor din țară cît și interconexiunile internaționale.

Stațiile de transformare

Cele dintîi stații de transformare din cadrul planului de electrificare au fost realizate în 1950 și constituiau instalații cu tensiunea cea mai înaltă de 35 kV. În anul următor au fost elaborate proiectele și a început execuția primelor stații de 110 kV, iar trecerea la tensiuni superioare (220 și 400 kV) s-a făcut zece ani mai tîrziu.

Proiectarea și execuția stațiilor de transformare s-a asigurat exclusiv de unitățile specializate din țară : institute de proiectare, întreprinderi de exploatare, trust de construcții și montaj. În ceea ce privește echipamentul electromecanic, s-a reușit asimilarea treptată în R.P.R. a seriei normale de aparate pînă la 110 kV inclusiv, iar în viitorul apropiat urmează să fie extinsă fabricația și pentru domeniul tensiunilor foarte înalte (220 kV).

Caracteristicile mai importante ale stațiilor de transformare realizate în perioada 1950 —1964 sînt următoarele :

Schemele de conexiuni ale circuitelor primare

În marea majoritate a cazurilor s-au adoptat la toate tensiunile scheme de conexiune cu bare colectoare (bare colectoare simple, duble, cu sau fără bară de transfer). Aceste scheme au fost preferate pentru că oferă posibilități multiple de adaptare la cele mai variate regimuri de funcționare, pot fi realizate pentru diferite nivele de siguranță și permit dezvoltarea instalațiilor în condiții avantajoase.

În prima etapă (1950 —1959) s-a dat preferință schemelor cu două sisteme de bare, în special la tensiunile cele mai înalte (110 kV). Această orientare a fost justificată de faptul că stațiile realizate în acea perioadă trebuiau să constituie noduri importante ale sistemului. Ulterior, pe măsura dezvoltării reţelelor de 110 kV şi a utilizării din ce în ce mai mult a acestei tensiuni pentru distribuţie, s-au putut introduce scheme de conexiuni mai economice, dintre care de cea mai mare răspîndire s-a bucurat schema cu bare colectoare simple.

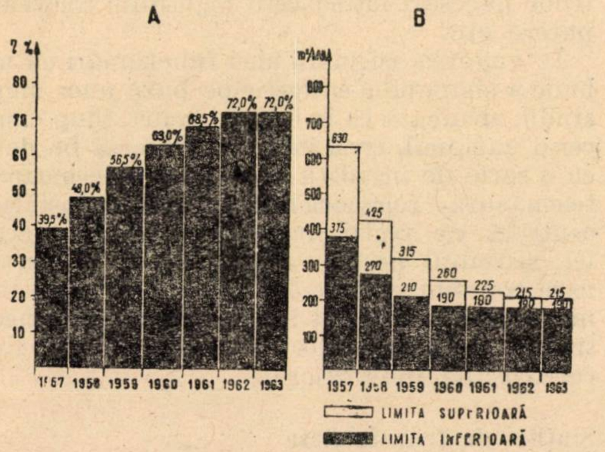


Fig. 2. Gradul de utilizare a terenului ocupat şi suprafaţa de teren specifică la staţiile de transformare de 110 kV:

A – gradul de utilizare a terenului ocupat

$$\left(\eta = \frac{\text{suprafaţa de teren ocupată efectiv de instalaţii}}{\text{suprafaţa de teren îngrădită}}\right)$$

B – suprafaţa de teren specifică.

La instalaţiile de foarte înaltă tensiune (220 şi 400 kV), a căror realizare a început în ultimii ani, s-au utilizat de regulă scheme cu două sisteme de bare colectoare — adeseori şi cu bară de transfer — în variantele cu 1, 1,5 sau 2 întreruptoare pe circuit, corespunzător numărului, importanţei sau condiţiilor speciale impuse circuitelor racordate la staţie.

Pentru staţiile de 6 –15 kV, s-au folosit, în funcţie de numărul şi importanţa circuitelor, scheme cu unul sau cu două sisteme de bare colectoare. În scopul limitării curenţilor de scurtcircuit la 6 –10 kV, soluţia aplicată în mod exclusiv în perioada 1950 –1960 a constat din montarea de reactoare individuale pe linii. Ulterior au fost introduse şi alte soluţii: reactoare simple sau divizate pe transformatoare, reactoare pe grupe de linii, funcţionarea separată a surselor, limitarea puterii transformatoarelor etc. Dintre aceste soluţii, în ultimii ani se bucură de o largă utilizare schema cu reactoare pe grupe de linii, fără întreruptor la barele colectoare, întrucît oferă avantaje economice substanţiale şi un grad de siguranţă ridicat.

La staţiile de 35 kV, cu excepţia celor realizate în perioada 1950 –1956, cînd s-au aplicat destul de frecvent scheme de conexiuni cu două sisteme de bare colectoare, au fost prevăzute în general scheme simple (de obicei cu un singur sistem de bare colectoare, eventual secţionat). La aceasta a contribuit şi faptul că o dată cu apariţia tensiunii de 15 (20) kV şi cu dezvoltarea reţelei de 110 kV, domeniul de utilizare a tensiunii de 35 kV s-a restrîns foarte mult.

În staţiile de transformare s-au instalat de regulă două transformatoare, în mod excepţional unul singur şi destul de rar mai mult de două transformatoare. Puterea pe unitate a variat între 1 000 şi 10 000 kVA, în staţiile cu tensiunea cea mai înaltă 35 kV, între 10 000 şi 40 000 kVA, în staţiile cu tensiunea cea mai înaltă 110 kV, şi 100 000 –400 000 kVA, în staţiile cu tensiunea cea mai înaltă 220 kV şi 400 kV.

Unităţile cu trei înfăşurări au fost larg utilizate, întrucît majoritatea staţiilor de 110 kV şi un număr important de staţii de 35 kV au fost prevăzute cu trei sau chiar patru tensiuni: 110/35/15 (20)/ 6 (10) kV sau 35/15(20)/6 kV.

Staţiile de foarte înaltă tesiune s-au proiectat cu autotransformatoare de 220/110 kV sau 400/220 kV.

Pentru îmbunătăţirea reglajului tensiunii în reţeaua de 110 kV, în cîteva instalaţii au fost montate autotransformatoare de 110/110 kV, 60 000 kVA.

Soluţiile constructive

Instalaţiile de 6 –15 (20) kV au fost dispuse în spaţii închise (clădiri de zid, cabine metalice), în timp ce pentru cele de 35 –400 kV s-a adoptat montajul în aer liber. Unele staţii de 35 kV şi 110 kV situate în zone cu atmosfera viciată de emanaţiile anumitor industrii (cum sînt fabricile de ciment), precum şi cele amplasate în zonele aglomerate ale marilor oraşe au fost de asemenea instalate în clădiri. Ca urmare a unei preocupări permanente pentru reducerea teritoriului ocupat de staţiile de transformare, s-au obţinut progrese remarcabile. La aceste rezultate s-a ajuns prin adoptarea unor soluţii avantajoase pentru montarea echipamentului şi căilor de curent, prin îmbunătăţirea sistemului de circulaţie în incinta staţiei, prin amplasarea raţională a diverselor obiecte etc.

În vederea economisirii materialelor deficitare, cum sînt oţelul şi lemnul, s-au introdus pe scară largă prefabricatele din beton armat. Astfel, cu foarte rare excepţii, elementele de întindere a conductoarelor flexibile (cadrele) şi de susţinere a aparatelor dispuse la semiînălţime, inclusiv suporţii tijelor de paratrăsnet din staţiile exterioare de 35 –400 kV, s-au realizat din piese de beton armat centrifugat. Reconsiderînd condiţiile de tracţiune a conductoarelor flexibile asupra cadrelor, eforturile de calcul au putut fi reduse cu peste 50%, în raport cu cele adoptate în perioada 1950 –1955, ceea ce a permis nu numai ieftinirea considerabilă a acestor elemente, dar şi obţinerea unor construcţii simple şi suple, uşor de executat şi montat. La o staţie de 220 kV cu 12 celule, economia de laminate de oţel

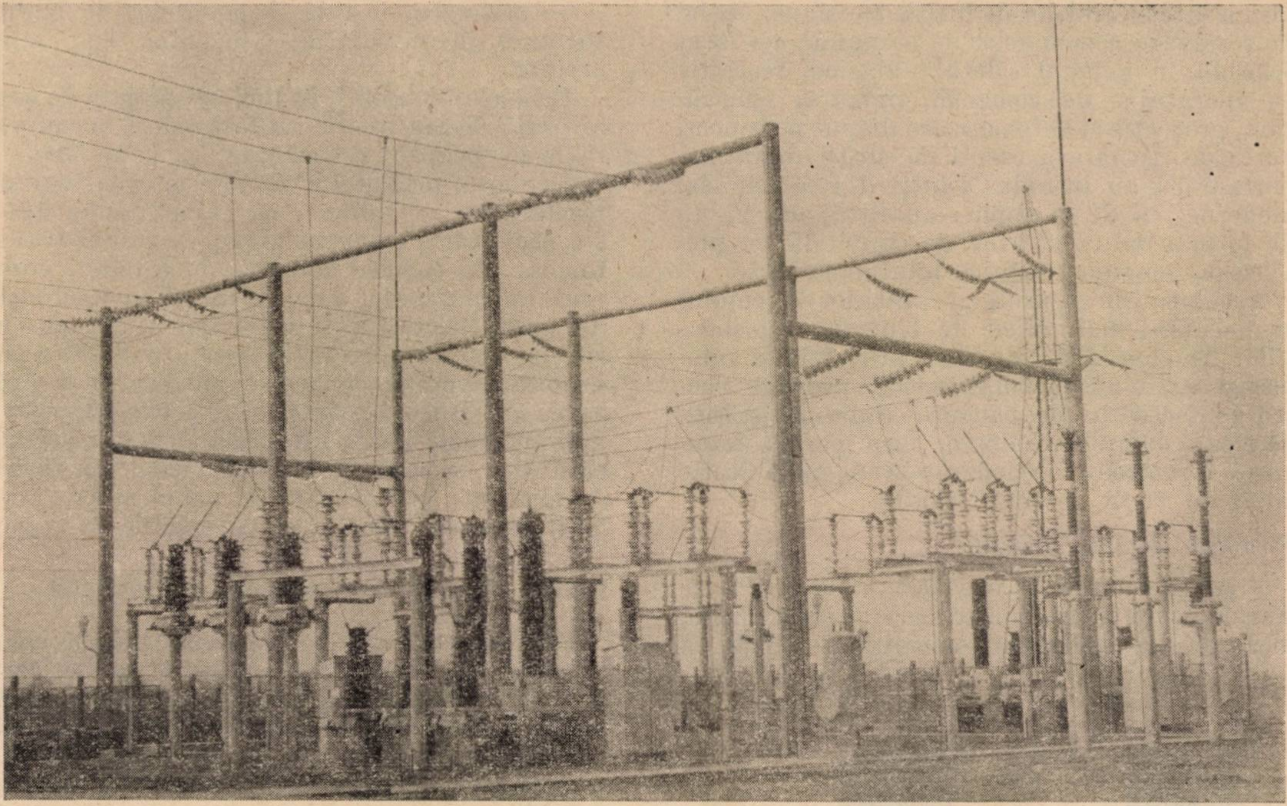


Fig. 3. Stație de 110 kV cu cadre și suporți de aparate din beton armat centrifugat.

obținută prin înlocuirea cadrelor metalice cu cadre de beton armat centrifugat este de circa 15 –20 t.

Clădirile cu un singur nivel, pentru tipurile cele mai frecvente de stații de 35 și 110 kV, au fost modulate pentru prefabricarea integrală a suprastructurii. În soluția adoptată în curs de experimentare se folosesc numai 12 tipuri de elemente prefabricate de beton armat. La stațiile de transformare de importanță redusă, pînă la 110 kV inclusiv, s-a renunțat complet la construcția de clădiri tehnologice, celulele de medie tensiune (6 –15 kV), precum și instalațiile de protecție prin relee, automatizare, comandă și control fiind montate în exterior, în cabine metalice prefabricate. Acțiunea de tipizare a soluțiilor pentru posturile și stațiile de transformare pînă la 110 kV inclusiv, începută în 1959, a permis reducerea considerabilă a muncii pentru elaborarea proiectelor, a lărgit posibilitățile de prefabricare a elementelor și subansamblelor, a scurtat durata și a îmbunătățit simțitor calitatea lucrărilor de execuție. Productivitatea în proiectarea stațiilor a crescut numai în ultimii 3 –4 ani de două ori, durata de execuție a unei stații s-a redus în medie cu peste 60%, iar indicii de cost s-au îmbunătățit continuu. În perioada 1959 –1964, numai în rețelele de 110 kV a fost realizat, sau se află în curs de realizare după proiecte-tip, un număr de peste 35 stații de transformare.

Instalațiile de comandă, control, protecție și automatizare

Concepția de proiectare a evoluat de la centralizarea integrală a acestor instalații într-o cameră de comandă unică, soluție adoptată aproape fără excepție în perioada 1950 –1958, la descentralizarea parțială, iar în unele cazuri, chiar totală a comenzilor, măsurii, semnalizării, precum și a echipamentului de protecție și automatizare. În ultimii ani s-a generalizat montarea releelor de protecție și automatizare la celulele de înaltă tensiune ale stațiilor interioare și s-au obținut rezultate satisfăcătoare cu ocazia experimentării aceluiași sistem la stații exterioare de 35 și 110 kV. În prezent sînt în curs de realizare cîteva instalații de 220 kV în aer liber, la care de asemenea releele de protecție și automatizare, precum și aparatele de măsură înregistratoare și integratoare urmează a fi montate în cabine de zid amplasate în

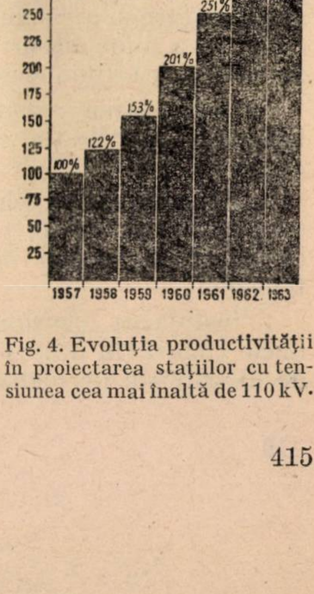


Fig. 4. Evoluția productivității în proiectarea stațiilor cu tensiunea cea mai înaltă de 110 kV.

vecinătatea celulelor de înaltă tensiune. Modul de rezolvare a camerelor de comandă s-a făcut folosind în general soluțiile clasice, respectiv cu aparatajul de comandă, măsură, semnalizare, protecție și automatizare dispus pe panouri verticale. În cîteva cazuri, la stații foarte importante, s-au introdus soluții dintre cele mai moderne, ca de exemplu: aparataj de măsură de format redus, sisteme de comandă cu preselecție, scheme sinoptice luminoase etc.

Acțiunea de tipizare a stațiilor a cuprins și domeniul mai dificil de tipizat al instalațiilor de comandă, măsură, protecție și automatizare; s-au elaborat astfel proiecte pentru confecții-tip de panouri, dulapuri și cutii de cleme complet echipate, care permit rezolvarea circuitelor secundare la o gamă foarte largă de stații de transformare.

Posturile de transformare

Frecvența mare de execuție a posturilor de transformare a determinat necesitatea tipizării, încă de la începutul activității ISPE, a soluțiilor celor mai convenabile din punct de vedere tehnic și economic. Raționalizarea dispozițiilor constructive ale posturilor de transformare interioare s-a făcut treptat, pe măsura acumulării experienței de proiectare, execuție și exploatare și a condus la adoptarea în ultimii 3—4 ani a unor măsuri simplificatoare din care se citează ca fiind mai importante:

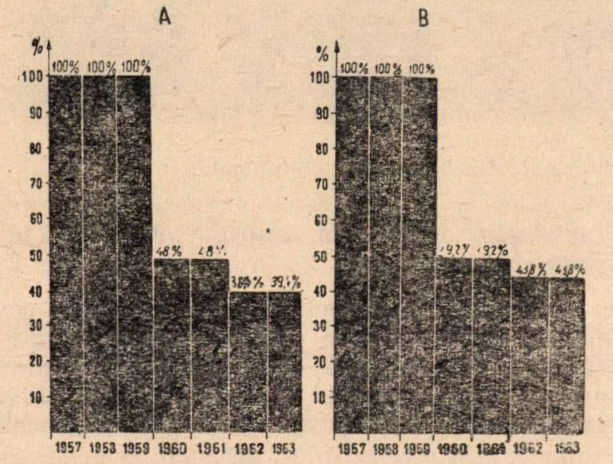


Fig. 5. Suprafața construită (A) și costul părții de construcție (*B*) la posturile de transformare.

— desființarea compartimentelor de joasă tensiune, distribuția energiei făcîndu-se prin cofrete:

— renunțarea la celule speciale de măsură, transformatoarele de tensiune montîndu-se pe coridorul instalației de distribuție de înaltă tensiune;

— instalarea transformatorului de putere, în unele cazuri, în aceeași încăpere cu instalațiile de distribuție de înaltă și joasă tensiune;

— preferarea instalării posturilor de transformare în subsolurile blocurilor nou construite.

Prin aceste măsuri, indicii de spațiu și de cost ai părții de construcție au fost reduși, în comparație cu perioada anterioară, cu peste 50%.

În sensul tendințelor manifestate de tehnica țărilor mai dezvoltate, în cursul anului 1961 s-a proiectat și executat un tip de post de transformare în cabină metalică de exterior, complet industrializat, care a intrat în producție de serie. Prefabricarea clădirilor pentru posturile de transformare interioare a putut fi soluționată favorabil, o dată cu modularea și tipizarea clădirilor de stații. Proiectele respective prevăd prefabricarea integrală a suprastructurii clădirilor de posturi, folosind numai trei tipuri de elemente prefabricate de beton armat, aceleași care sînt folosite și la clădirile de stații.

Liniile electrice de transport și distribuție

Soluțiile constructive adoptate la liniile electrice, de la începutul planului de electrificare și pînă în prezent, au ținut seamă de toți factorii care contribuie la realizarea unor instalații corespunzătoare din punct de vedere tehnic și economic, și anume atît de factorii general valabili pentru linii, cît și de cei specifici țării noastre.

Urmărindu-se economisirea oțelului laminat și a lemnului, materiale care pot fi utilizate mai eficient în alte domenii ale economiei naționale, cît și reducerea cheltuielilor de exploatare, s-a introdus chiar începînd cu anul 1950, pe scară din ce în cea mai mare, betonul armat ca material de construcție pentru stîlpii liniilor electrice aeriene.

În prezent, la liniile de joasă tensiune și la cele de 6 —20 kV se utilizează în mare măsură stîlpii de beton armat obișnuit și beton precomprimat, vibrați sau centrifugați. Cu capacitatea actuală de fabricație a stîlpilor din beton nu pot fi însă satisfăcute toate cerințele, astfel că în asemenea cazuri se mai utilizează și stîlpii de lemn.

În ce privește liniile de 35 kV, cu simplu și dublu circuit, și cele de 110 kV, cu simplu și dublu circuit, se folosește pentru stîlpii de susținere, care reprezintă 80—85% din totalul stîlpilor unei linii, aproape în exclusivitate betonul armat centrifugat. Numai în cazul liniilor situate în regiuni foarte accidentate se utilizează ca suporți de susținere stîlpii metalici. Stîlpii de întindere, colț și terminali se execută din metal.

Pentru liniile de 220 și 400 kV cu simplu circuit, s-au folosit în perioada 1961—1964 numai stîlpi metalici, cu excepția unui număr redus de stîlpi de susținere tip portal ancorat din beton centrifugat precomprimat, care s-au montat experimental la linia de 400 kV. Începînd din anul 1965, se vor folosi şi la aceste linii pe scară mai largă stîlpi de susţinere de tip portal ancorat, din beton centrifugat precomprimat.

Pentru liniile de 220 kV cu dublu circuit, utilizarea stîlpilor de beton nu mai este raţională şi economică, astfel că la aceste linii se vor întrebuinţa numai stîlpi metalici.

Din punctul de vedere al structurii statice, s-a adoptat soluţia tip monopicior, ca cea mai economică pentru stîlpii din beton armat la liniile de joasă tensiune, 6—20, 35 şi 110 kV, pentru simplu şi dublu circuit. Pentru stîlpii de susţinere ai liniilor simplu circuit de 220 şi 400 kV, în regiuni neaccidentate, s-a dovedit ca cea mai economică soluţia stîlpului portal ancorat.

Avînd în vedere avantajele betonului precomprimat faţă de cele ale betonului armat cu armătură obişnuită — dintre care se menţionează economia de oţel de 55—60% şi durabilitatea mai mare prin eliminarea pericolului de fisurare — începînd cu anul 1961 s-a trecut la introducerea acestei tehnologii moderne pentru execuţia stîlpilor. În prezent, o parte însemnată din producţia de stîlpi pentru liniile de joasă tensiune şi 6—20 kV se execută din beton vibrat precomprimat. În 1964 se termină amenajările necesare şi probele preliminare pentru fabricarea tuturor tipurilor de stîlpi din beton centrifugat precomprimat, astfel că începînd cu anul 1965 se vor executa în serie mare şi aceste tipuri de stîlpi.

Din punct de vedere constructiv, în prezent stîlpii de 110 kV cu simplu circuit din beton armat centrifugat se execută din două tronsoane centrifugate, asamblate prin telescopare. Vîrful se execută din beton vibrat, iar consolele din profile laminate şi oţel-beton. Stîlpul corespunzător din beton centrifugat precomprimat se va executa însă dintr-un singur tronson, în lungime de 24 m.

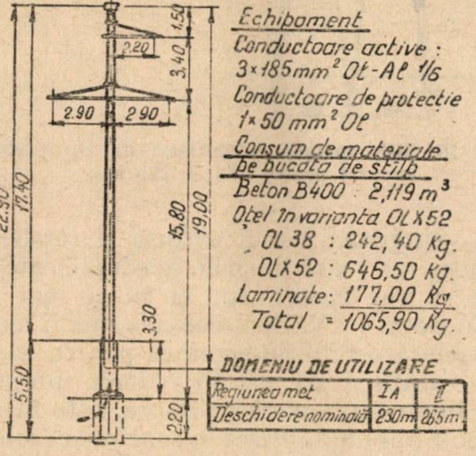

1,50
2.20
3,40
2.90
2 90
22.90
17,40
15,80
19,00
3,30
5,50
2,20
Echipament
Conductoare active :
3×185mm² Ol-Al 1/6
Conductoare de protecţie
1×50 mm² Ol
Consum de materiale pe bucata de stîlp
Beton B400 : 2,119 m³
Oţel în varianta OLX52
OL 38 : 242,40 Kg.
OLX52 : 646,50 Kg.
Laminate: 177,00 Kg
Total = 1065,90 Kg.
DOMENIU DE UTILIZARE
Regiunea met | IA | II
Deschidere nominală | 230m | 265m

Fig. 6. Stîlp de susţinere din beton armat centrifugat pentru linii de 110 kV cu simplu circuit.

La liniile de 110 kV cu dublu circuit, atît stîlpii din beton armat centrifugat obişnuit, cît şi cei din beton centrifugat precomprimat se execută din două tronsoane asamblate prin telescopare, avînd în vedere că lungimea totală de 27 m depăşeşte gabaritul posibil pentru transport.

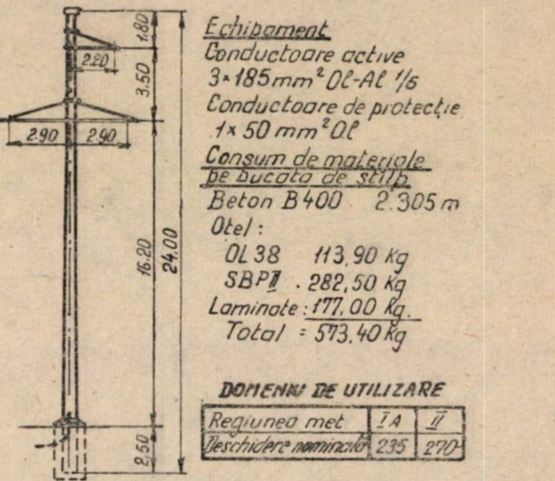

1,80
2.20
3,50
2.90
2.90
16.20
24,00
2,50
Echipament
Conductoare active
3×185mm² Ol-Al 1/6
Conductoare de protecţie
1×50 mm² Ol
Consum de materiale pe bucata de stîlp
Beton B400 2.305 m
Oţel:
OL 38 113,90 kg
SBPII . 282,50 kg
Laminate: 177,00 kg.
Total = 573,40 kg
DOMENIU DE UTILIZARE
Regiunea met | IA | II
Deschidere nominală | 235 | 270

Fig. 7. Stîlp de susţinere din beton centrifugat precomprimat pentru linii de 110 kV cu simplu circuit.

Pentru liniile de 220 şi 400 kV simplu circuit, cu stîlpi de susţinere de tip portal ancorat din beton centrifugat precomprimat, se remarcă forma de fus a picioarelor, care permite simplificarea îmbinărilor şi reducerea consumului de metal şi beton. Prin construirea şi încercarea acestor tipuri de stîlpi, s-a cîştigat experienţa necesară proiectării, execuţiei şi montajului lor pe scară largă. În figura 8 se arată un stîlp portal ancorat, realizat pentru o linie de 400 kV. Un tip asemănător a fost proiectat pentru execuţia în serie la liniile de 220 kV (fig. 9).

Conductoarele active ale liniilor de 35 şi 110 kV au fost realizate din funie de oţel-aluminiu, iar conductoarele de protecţie din funie de oţel. Conductoarele de oţel-aluminiu sînt de tip normal, cu raportul între oţel şi aluminiu de 1/6; în cazuri excepţionale s-au folosit conductoare cu raport 1/4 sau chiar mai mare. Pentru liniile de tensiuni foarte înalte (220 şi 400 kV) se studiază posibilitatea folosirii conductoarelor de oţel-aluminiu cu raport 1/8 conform tendinţei actuale din tehnica mondială.

În privinţa măsurilor de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice, se menţionează că liniile de 110 kV au fost proiectate şi executate la început cu conductoare de protecţie pe toată lungimea. La fel s-a procedat şi cu liniile de 220 şi 400 kV. După anul 1957, pentru unele linii de 110 kV, în mod experimental s-a montat conductorul de protecţie numai

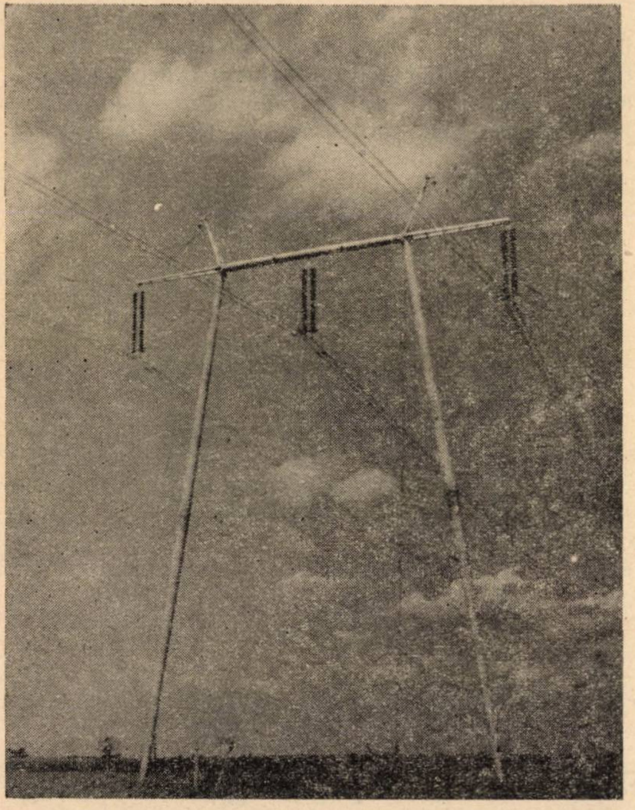


Fig. 8. Stîlp de beton centrifugat precomprimat montat într-o linie electrică aeriană de 400 kV.

pe cîte o porțiune la capete de 2—3 km lungime, lăsîndu-se însă posibilitatea adăugării lui ulterioare. La liniile de 35 kV nu se prevăd conductoare de protecție decît la capete. Pentru aceste linii s-au proiectat și executat tipuri de stîlpi la care nu s-a mai lăsat posibilitatea montării conductoarelor de protecție.

Preocupările continue dirijate spre raționalizarea și simplificarea tuturor elementelor constitutive ale liniilor (inclusiv fundații, instalații de legare la pămînt etc.) au condus la o reducere sistematică a prețului de cost și a consumurilor specifice de materiale.

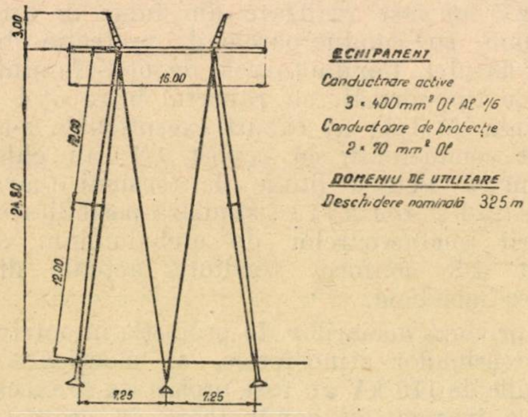

3,00
15.00
12,00
24,80
12,00
7.25
7.25
ECHIPAMENT
Conductoare active
3 × 400 mm² Ol Al 1/6
Conductoare de protecție
2 × 70 mm² Ol
DOMENIU DE UTILIZARE
Deschidere nominală 325 m

Fig. 9. Stîlp de susținere tip portal ancorat din beton centrifugat precomprimat pentru linii de 220 kV.

În concluzie, se poate spune că proiectarea și execuția liniilor de energie electrică se situează la un nivel tehnic ridicat, comparabil cu cele mai bune realizări din acest domeniu din străinătate, axîndu-se pe realizarea unui consum minim de materiale și asigurarea unei funcționări cu cele mai reduse probabilități de avariere.

*

Realizările obținute pînă în prezent în domeniul rețelelor electrice au creat premisele pentru desfășurarea pe un front mult mai larg în viitor a electrificării țării, în conformitate cu Directivele Congresului al III-lea al P.M.R.

Creșterea în continuare, într-un ritm fără precedent a puterii și energiei produse și consumate, necesită o dezvoltare corespunzătoare a liniilor de transport și distribuție, a stațiilor de transformare și conexiuni. Tensiunea de 110 kV a devenit încă de cîțiva ani insuficientă. De aceea au fost deja realizate, iar în următorii ani vor fi în continuare construite, importante linii de 220 și 400 kV, inclusiv stațiile de transformare aferente, formîndu-se astfel în interiorul țării un puternic inel de linii de înaltă tensiune, cu mai multe diagonale și derivații radiale. Simultan vor fi extinse și rețelele de distribuție, de joasă și medie tensiune, categorie în care se vor încadra din ce în ce mai mult și liniile de 110 kV. De asemenea vor fi extinse și reamenajate rețelele necesare pentru electrificarea rurală și urbană. În vederea înfăptuirii acestor importante lucrări viitoare, este însă necesar să se îmbunătățească în continuare soluțiile din proiecte și metodele de execuție, folosind cele mai noi realizări ale tehnicii, metode moderne de calcul și materiale noi, în scopul reducerii investițiilor și consumurilor specifice de materiale și îmbunătățirii condițiilor de exploatare.

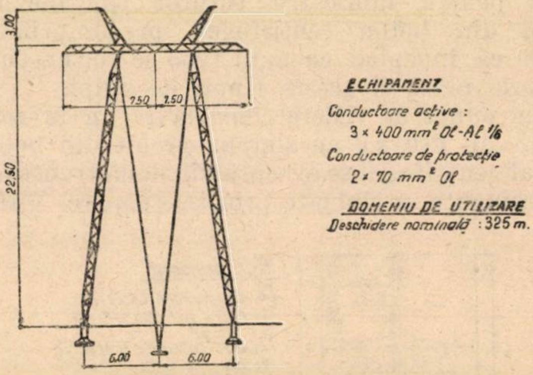

3,00
22,50
7,50
7,50
6,00
6,00
ECHIPAMENT
Conductoare active :
3 × 400 mm² Ol-Al 1/6
Conductoare de protecție
2 × 70 mm² Ol
DOMENIU DE UTILIZARE
Deschidere nominală : 325 m.

Fig. 10. Stîlp metalic de susținere de tip portal ancorat pentru linii de 220 kV.

Progrese tehnice în sectorul de exploatare a energiei electrice

Ing. **T. Popovici**
director al Direcției exploatării energiei electrice
din Ministerul Minelor și Energiei Electrice

Situația electroenergeticii romînești înainte de 23 August 1944 poate fi caracterizată prin următoarele elemente specifice:

a) întreaga putere instalată era de circa 600 MW;

b) centralele electrice funcționau în general izolat, numai cîteva fiind interconectate în sisteme energetice locale. Astfel, sistemul local energetic cel mai dezvoltat, și anume al regiunii București, însuma o putere de numai 125 MW;

c) grupurile turbogeneratoare din centrale aveau puteri reduse, grupul cel mai mare fiind de 20 MW. În total erau în funcțiune opt grupuri cu puteri peste 10 MW;

d) parametrii aburului în majoritatea centralelor erau cuprinși în domeniul 14—32 ata, 300—400°C;

e) consumatorii industriali și casnici de căldură erau răspîndiți teritorial și aveau o importanță redusă, astfel că și termoficarea era neînsemnată;

f) ca efect al funcționării izolate a centralelor și al slabei industrializări, numărul de ore de utilizare a puterii instalate era redus. În 1950, acest indice a avut valoarea medie pe țară de 2 810 h/an;

g) exploatarea instalațiilor era nesigură și neeconomică, iar datorită lipsei liniilor de transport și distribuție, extinderea consumului de energie electrică era frînată;

h) în domeniul distribuției energiei electrice nu exista o concepție unitară. Distribuția se realiza într-o gamă foarte variată de tensiuni și chiar frecvențe diferite.

Pe baza planurilor de stat au fost create condițiile pentru formarea unui sector puternic al energiei electrice, obținîndu-se an de an realizări deosebite și înregistrîndu-se mari progrese tehnice.

În domeniul cercetărilor electrice

Puterea instalată a crescut de la 600 MW la sfîrșitul anului 1944 la 2 356 MW la sfîrșitul anului 1963.

În 1964 se va pune în funcțiune o putere instalată egală cu întreaga putere existentă înainte de 23 August 1944. Datorită creșterii puterii instalate și a consumului energiei electrice, în 1964 se va realiza o producție de energie electrică de 14 500 GWh, față de 1 130 GWh produse în 1938. Aceasta înseamnă că întreaga producție de energie electrică a anului 1938 se realizează în numai 28 de zile.

Prin interconectarea sistemului energetic s-au creat premisele pentru o funcționare sigură și economică.

Efectele economice au rezultat din aspectele tehnice care derivă din realizarea interconexiunii. A fost posibilă în acest fel repartiția economică a sarcinilor între centrale. De asemenea, numărul de ore de utilizare a puterii instalate a crescut. Interconexiunea și creșterea consumului de energie electrică au făcut posibilă instalarea de grupuri producătoare de energie cu puteri din ce în ce mai mari și cu parametri înalți ai aburului viu. În perioada 1952—1956 au fost puse în funcțiune grupuri cu puteri unitare de 12—20 MW. În 1954 a fost pus în funcțiune primul grup de 25 MW, iar în 1956 primul grup de 50 MW. În 1963 a intrat în exploatare primul grup de 100 MW, în 1964 un grup de 150 MW, iar în viitorul apropiat se vor instala grupuri de 200 și 300 MW.

Interconectarea sistemului a permis utilizarea intensivă a capacităților de producție instalate.

În 1963 s-a realizat în centralele Departamentului Energiei Electrice un număr de 5 885 ore de utilizare a puterii instalate. Prin organizarea riguroasă a reparațiilor, s-au realizat reduceri importante ale duratelor necesare în acest scop. Astfel, reparațiile de turbine cu deschiderea carcasei s-au realizat în 1963 în 14—18 zile, față de 20—25 zile în anii precedenți.

Pentru îmbunătățirea siguranței și economicității în sectorul de exploatare, au fost aduse continuu ameliorări la instalațiile energetice.

În centralele electrice, evoluția consumului specific de combustibil pentru producerea energiei electrice reflectă efectul favorabil al unora dintre aceste îmbunătățiri.

Tabela 1

Consumul specific brut în centralele Departamentului Energiei Electrice

Anul	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
g c.c. kWh	682,5	635,2	607,5	560,6	536,0	507,0	484,5	473,0	453,6	445,4

Evoluţia favorabilă a consumului specific se constată nu numai în medie pentru ansamblul sectorului energetic, dar şi în majoritatea centralelor electrice.

Tabela 2

Evoluţia consumului specific în unele centrale

Centrale	Anul						
	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Doiceşti	554	547	530	514	504,4	501,8	500,5
Paroşeni	447	440	420	405	386,4	395,5	391,3
Steaua Roşie	458	445	419,5	418	417	410,5	407,5
Borzeşti	446	404	374	348	327	334,8	315,9
Cîmpina	745	673	680	660	647,4	632,6	649,6
Schitu-Goleşti	855	811	754	711	723	684	680,5
Aghireş	836	866	830	818	790,6	752,7	743,5
Gura-Barza	784	754	750	738	727,3	699,5	673
Brăila	762,3	750	714,5	680	657	611	560,1

În centrale s-au efectuat lucrări îndreptate spre reducerea tuturor categoriilor de pierderi de energie.

La cazane s-au făcut lucrări pentru reducerea pierderilor la coş, prin montarea de suprafeţe terminale de schimb de căldură şi lucrări de ecranare, combinate cu mărirea supraîncălzitoarelor, pentru mărirea debitelor şi în unele cazuri reducerea depunerilor de zgură. În perioada 1960 –1963 au fost efectuate 10 ecranări suplimentare, amplificări ale supraîncălzitoarelor la 12 cazane, amplificări de economizoare la şapte cazane şi amplificări sau instalări de preîncălzitoare de aer la patru cazane. Aceste lucrări au dus la o economie anuală de circa 7 500 t c.c.

Pentru evidenţierea pierderilor prin nearse chimic, a fost introdusă metoda de determinare a acestora cu cromatograful. Trebuie să fie menţionate arzătoarele de gaze proiectate în cadrul departamentului, care, aplicate într-o serie de centrale, au dat rezultate bune.

La turbinele cu abur, un volum însemnat de lucrări s-au făcut cu ocazia reparaţiilor. Numai în perioada 1961 –1963 au fost fabricate de întreprinderea „Energo-reparaţii" un număr de 370 000 palete şi piese de distanţă. Întreprinderea a asimilat pînă acum un număr de 286 profile-tip. Aceste lucrări, pe lîngă eliminarea unor indisponibilităţi de putere, au contribuit la ameliorarea randamentelor interne ale turbinelor.

O categorie importantă de lucrări efectuate în secţiile de turbine o constituie introducerea sau extinderea preîncălzirii regenerative în nouă centrale vechi. Economiile anuale care rezultă sînt de circa 7 000 t c.c.

La ameliorarea parametrilor de exploatare au contribuit şi măsurile noi de exploatare introduse, ca : spălarea continuă cu bile a condensatoarelor, spălarea perfecţionată a turbinelor, detectarea neetanşeităţilor la condensatoare cu fluoresceină.

Asigurarea puterii nominale a instalaţiilor şi chiar depăşirea ei a constituit o preocupare importantă pentru lucrătorii din sectorul energetic.

Prin probe efectuate asupra turbinelor, s-au determinat limitele în care poate fi utilizată capacitatea lor de înghiţire. S-au realizat astfel fără investiţii puteri suplimentare de 83 MW.

De asemenea, în fiecare centrală au fost analizate strangulările şi au fost aplicate măsuri raţionale de eliminare a acestora. Se pot cita în această categorie probele şi lucrările efectuate în CTE Doiceşti, pentru anularea strangulării care exista în instalaţia de măcinare.

Pe linia concepţiei tehnice moderne, toate centralele noi sînt echipate cu instalaţii de automatizare şi, începînd din anul 1960, s-au construit camere de comandă termice. Au fost luate măsuri şi pentru dotarea cu instalaţii de automatizare a centralelor vechi. Pe lîngă lucrările izvorîte din iniţiativa fiecărei centrale, se poate cita acţiunea de automatizare a cazanelor de presiune medie cu combustibil gazos cu ajutorul instalaţiilor fabricate de Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME).

În 1963 au fost montate instalaţiile de reglaj IRME la 15 cazane vechi.

În domeniul general al producerii şi transportului energiei electrice

După instaurarea puterii populare, primele măsuri au constat în refacerea instalaţiilor energetice, pornindu-se în toată ţara la o campanie de remedieri şi dezvoltări locale urgente ale acestora.

În 1948 s-au înfiinţat întreprinderile regionale de exploatare, care au început să se ocupe sistematic, pe bază de plan, de dezvoltarea şi exploatarea instalaţiilor energetice din regiune.

Aceste întreprinderi erau axate inițial exclusiv pe exploatarea instalațiilor existente. Volumul activității lor a crescut în mod continuu datorită atît amplificării instalațiilor în funcțiune, cît și preluării unor activități suplimentare (în domeniul proiectării, construcției și montajului) în scopul ameliorării condițiilor de alimentare a consumatorilor.

De asemenea, în cursul anului 1963, au fost preluate din exploatarea Sfaturilor Populare instalațiile de distribuție a energiei electrice, într-un număr de 3 657 sate și orașe, reprezentînd un volum de 23 760 km linii electrice, 2 056 posturi de transformare și 403 centrale electrice cu o putere instalată de 47 578 kW.

Pentru organizarea exploatării în noile condiții, au fost create centre complexe în fiecare reședință de raion, care au în exploatarea lor liniile electrice, posturile și stațiile de transformare, precum și centralele de mică putere de pe cuprinsul raionului.

Ca urmare a prevederilor planului de electrificare și ținînd seamă de repartiția teritorială a centralelor electrice și de posibilitățile de legătură dintre ele, s-au construit treptat sistemele energetice regionale Muntenia, Ardealul central și de nord, Ardealul de vest, Oltenia, Moldova și Dobrogea. La sfîrșitul anului 1960 s-a realizat unificarea sistemelor energetice regionale într-un sistem energetic unic, în care peste 90% din producția totală de energie era obținută în centralele interconectate.

Sistemul energetic național are astăzi o comandă operativă unică prin dispecer, situat în București, și dispecere regionale în cadrul fiecărei întreprinderi de electricitate.

Funcțiile dispecerului constau în alimentarea continuă și sigură a consumatorilor, la parametrii tehnici stabiliți de norme și cu respectarea indicilor economici optimi cu privire la costul energiei electrice și consumul specific de combustibil.

În scopul informării urgente a dispecerului de schimbările survenite în configurația sistemului, punctele de dispecer au fost echipate cu legături telefonice fie pe fire fizice, fie pe curenți purtători,folosind conductoarele liniilor de transport, unele dintre punctele locale de dispecer au fost echipate cu instalații de telemăsurări, telesemnalizări și telecomenzi, iar dispecerul național este în curs de a fi dotat cu asemenea instalații cu ajutorul cărora să fie informat în orice moment asupra variației parametrilor importanți din centrale și linii de transport. De asemenea dispecerul național este în curs de a fi echipat cu instalații de reglaj automat al frecvenței și puterii de schimb pe liniile de interconexiune, care vor asigura menținerea frecvenței la valoarea nominală cu o abatere maximă de ± 0,2 Hz.

O dată cu dezvoltarea sistemului național, a apărut o serie de probleme noi privind stabilitatea statică și dinamică, pierderile de energie electrică în rețele, protecția prin relee etc., a căror rezolvare necesită mijloace de calcul perfecționate și rapide.

În vederea efectuării calculelor de scurtcircuit, a circulațiilor de puteri, a regimurilor de tensiuni și pierderi în rețele, s-au construit începînd din 1960 la IRME mese de calcul în curent continuu, tranzistorizate, care au performanțe la nivelul tehnicii mondiale și cu care s-au dotat dispecerul național și unele întreprinderi regionale de electricitate.

Pentru unele calcule de repartiții de puteri și de stabilitate statică, care necesită un mare volum de calcule, au fost folosite mașinile cifrice CIFA 2 și CIFA 101 ale Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R., iar în 1965 este prevăzută achiziționarea din import a unei mașini cifrice de mare capacitate.

Pierderile de energie electrică în toate rețelele electrice de transport și distribuție în perioada 1954 — 1964 s-au menținut aproximativ între valorile 11,3 și 13,6%, cu toate că rețelele de distribuție în care pierderile de energie sînt mai mari în raport cu rețelele de transport au crescut foarte mult. În vederea menținerii pierderilor de energie la un nivel acceptabil, s-a efectuat compensarea energiei reactive la locul de consum, prin montarea unor compensatoare sincrone de puteri mari (1,6 — 5 MVAr) și s-au construit linii de transport noi, în vederea micșorării sarcinilor și aducerii la densitatea economică de curent a liniilor prea încărcate. O altă măsură eficientă atît pentru îmbunătățirea calității energiei electrice, cît și pentru micșorarea pierderilor de energie electrică în rețele o constituie folosirea transformatoarelor cu reglajul tensiunii sub sarcină, care dă posibilitatea să se mențină o tensiune constantă cît mai aproape de valoarea nominală. Toate transformatoarele cu puteri mai mari de 10 MVA instalate în sistem au posibilitatea reglării sub sarcină a tensiunii superioare (automat sau manual) și în prezent acest reglaj se introduce și la unele transformatoare din posturi de transformare.

Siguranța în funcționare a sistemului energetic a crescut printr-o serie de măsuri de tehnică nouă introduse sistematic pe baza unor planuri, pe măsura și în ritmul dezvoltării instalațiilor. Siguranța în funcționare a crescut prin interconectarea rețelelor, prin completarea instalațiilor de protecție prin relee și a protecțiilor contra supratensiunilor și mai ales prin introducerea pe scară largă a unor dispozitive de automatizare în centrale și rețele.

Pentru asigurarea unei continuități de funcționare a sistemelor energetice, fără ieșirea din paralel a generatoarelor din centralele electrice importante — în cazul producerii de scurtcircuite — s-au instalat dispozitive de forțare a excitației la 39 generatoare din exploatare și dispozitive de excitare rapidă la șase generatoare, care permit menținerea automată a tensiunii și stabilității, în cazul producerii defectelor în sistem.

Continuitatea funcționării serviciilor interne din centrale, precum și a alimentării cu energie electrică din surse diferite a unor consumatori importanți s-a asigurat prin introducerea pe scară largă a dispozitivelor de anclanșare automată a rezervei.

Din experiența rețelelor noastre, reanclanșarea automată rapidă a condus la menținerea alimentării consumatorilor, în cazul unor defecte trecătoare, în proporție de 50 — 90%. Dat fiind acest avantaj, dispozitivele RAR au fost introduse la 90,1% din liniile care permit montarea acestora, ceea ce situează țara noastră printre primele din lume.

Pentru menținerea în cazuri de avarii a echilibrului dintre puterea produsă și puterea consumată și deci a frecvenței, s-au introdus în diferite puncte din sistem dispozitive de descărcare automată a sarcinii (119 în funcțiune la finele anului 1963).

Totodată s-a introdus în practică funcționarea în două faze a unor linii mai importante de 110 kV cu simplu circuit, în cazul ruperii unui conductor, pentru a se asigura continuitatea alimentării consumatorilor pînă la remedierea defectului, precum și topirea electrică a depunerilor intense de chiciură în timpul iernii, micșorînd riscul de rupere a conductoarelor din cauza acestor depuneri.

Compensarea prin bobine de inductanță a curenților capacitivi de punere la pămînt constituie un mijloc eficace pentru reducerea cazurilor în care conturnările produse de supratensiunile atmosferice se transformă în scurtcircuite și reducerea supratensiunilor care apar în momentul unor puneri la pămînt. De asemenea, prin montarea bobinelor de stingere în rețelele de cabluri, punerile simple la pămînt nu se transformă în duble puneri sau scurtcircuite și ca atare pot fi eliminate prin manevre în rețea fără a suferi consumatorii. Ca urmare a eforturilor depuse, s-au construit și montat în rețelele de medie tensiune 81 bobine de stingere, compensîndu-se astfel 78% din rețelele de 6 — 35 kV.

În domeniul construcției și exploatării liniilor electrice, stațiilor și posturilor de transformare

Începînd cu primul an al planului de electrificare, s-a trecut la proiectarea și executarea unor lucrări importante de linii atît de transport cît și de distribuție.

Întreprinderile de exploatare, în afară de atribuțiile privind exploatarea instalațiilor, au fost dotate cu unități de proiectare care întocmesc proiecte pentru toate obiectivele energetice de interes regional.

Activitatea de proiectare în întreprinderile de exploatare s-a dezvoltat de la an la an. Astfel, în anul 1958, cînd a fost preluată această activitate de la ISPE, existau 12 ateliere de proiectare, cu un număr total de circa 200 salariați, iar pînă în prezent s-au înființat ateliere de proiectare la toate întreprinderile, ajungîndu-se la un număr total de circa 950 salariați.

Aceste unități de proiectare întocmesc documentații pentru lucrările de investiții ale întreprinderii, ca rețele electrice urbane, posturi de transformare, stații de transformare, linii de medie și înaltă tensiune, cît și rețelele necesare pentru electrificarea satelor.

În 1963 au fost întocmite peste 5 000 de documentații în valoare totală de circa 850 milioane lei. S-au proiectat linii și stații de 110 kV și alte lucrări de tehnicitate ridicată.

Prin dezvoltarea atelierelor de proiectare din întreprinderi la nivelul necesităților, se pot asigura la termenele necesare și de calitate corespunzătoare toate lucrările energetice de interes regional, care în parte erau întocmite pînă în anul 1963 de unități de proiectare din afara Ministerului Minelor și Energiei Electrice.

Lucrările de interes regional se execută în mare parte în regie de către întreprinderile de electricitate, iar volumul lor este în continuă creștere. Astfel, valoarea acestor lucrări a evoluat de la 23,7 milioane lei în 1955 la 387,8 milioane lei în 1963. În cazul soluțiilor adoptate în general în proiectarea energetică, s-au luat măsuri pentru economisirea unor materiale care pot fi mai eficient utilizate în alte domenii. La alegerea materialului pentru stîlpi s-au avut în vedere, în afara condițiilor tehnico-economice generale, și condițiile specifice țării noastre. Pentru a se evita utilizarea oțelului laminat și a lemnului, s-a trecut la confecționarea stîlpilor din beton armat; în 1952 s-au construit primele linii de 6 și 15 kV pe stîlpi de beton armat, în 1953 linii de 35 kV, în 1955 linii de 110 kV cu simplu circuit, în 1959 linii de 110 kV cu dublu circuit, iar în prezent s-a realizat prototipul unui stîlp de beton pentru linii de 400 kV.

Pentru reducerea consumului de materiale și a cheltuielilor de investiții, în prezent stîlpii de beton armat vibrat sau centrifugat se construiesc cu armătură pretensionată.

De asemenea, în vederea înlocuirii cuprului, care constituie un material deficitar, liniile de transport de energie electrică și liniile importante de distribuție s-au echipat cu conductoare de oțel-aluminiu, iar cele de joasă tensiune cu conductoare de aluminiu și pe alocuri din oțel.

Cu privire la măsurile de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice, liniile de 110 kV au fost construite la început cu conductoare de protecție pe toată lungimea lor. După 1957, în scopul economisirii costurilor liniilor și al experimentării eficacității conductoarelor de protecție, acestea nu s-au mai montat pe toată lungimea liniei, ci numai la capete (cîte 1,5 — 2 km).

Pe măsura dezvoltării rețelelor de transport și distribuție, pentru asigurarea tuturor condițiilor de control și intervenție rapidă în cazuri de defecțiuni și pentru buna întreținere și reparare a lor, s-au luat o serie de măsuri, dintre care se menționează cîteva mai importante :

— crearea unor posturi de supraveghere pe traseul liniilor de transport de importanță deosebită, construite în terenuri greu accesibile, și dotarea lor cu personal, utilaje, scule și materiale de intervenție ;

— întărirea profilaxiei liniilor aeriene în cablu ;

— folosirea de radio-telefoane la intervenții pentru lichidarea avariilor. Astfel, întreprinderile regionale de electricitate au fost dotate numai în 1963 cu 26 aparate emisie-recepție fabricate de IRME ;

— folosirea de avertizoare de chiciură, care previn personalul de exploatare asupra depunerii excesive de polei pe conductoarele liniilor aeriene.

În perioada 1951 —1956, cînd au fost realizate primele proiecte de stații de transformare la noi în țară, s-au utilizat scheme bogate, de regulă cu bare colectoare duble și multe circuite racordate.

În 1956 s-a procedat la o simplificare a schemelor și soluțiilor, stabilindu-se trei scheme-tip pentru tensiunea de 110 kV, două pentru tensiunea de 35 kV și patru pentru 6 kV. S-a urmărit reducerea substanțială a costurilor de investiții, precum și a cheltuielilor de exploatare, prin adoptarea unor scheme economice a construcțiilor exterioare pentru tensiunile de 35 —110 kV și mai ales prin reducerea substanțială a terenului ocupat de stație.

În camerele de comandă s-au introdus comenzi de la pupitre și scheme luminoase, precum și comenzi cu preselecție.

Pentru reducerea personalului de exploatare a stațiilor, fără a micșora siguranța în funcționare, s-au realizat stații complet telemecanizate, complet automatizate și stații cu personal de exploatare la domiciliu (redus ca număr).

În perioada 1959 —1963 s-au pus în funcțiune instalații de telemecanică la 20 stații de transformare de înaltă tensiune, ceea ce a dus la reducerea personalului de exploatare cu 60 persoane.

În prima etapă s-au folosit pentru telemecanizare scheme cu fire multe pentru distanțe mici (circa 4 km), iar în a doua etapă, echipamente cu fire puține și selectoare, care pot fi utilizate pînă la distanțe de 15 km.

În cursul acestui an s-a realizat de către IRME prototipul unui echipament de telemecanică cu elemente fără contacte (tranzistorizat), care va servi la telecomanda din CHE Bicaz a CHE Pîngărați. Este prevăzut ca în 1965 —1966 toate centralele hidroelectrice din aval de Bicaz să fie telemecanizate cu ajutorul acestui echipament tranzistorizat.

Unele stații de mai mică importanță au fost complet automatizate și funcționează fără personal de exploatare. La acestea s-au introdus dispozitive de reanclanșare la toate liniile și dispozitive de anclanșare automată a sursei de rezervă care execută automat și rapid aceleași manevre pe care le-ar efectua personalul de exploatare local. Anunțarea dispecerului regional de nefuncționarea unor dispozitive sau nealimentarea unor consumatori se face fie printr-un semnal unic de avarie transmis de instalație, fie de către consumator.

În unele stații izolate și de importanță secundară, s-a trecut din 1957 la exploatarea lor cu personal redus (numai două persoane), căruia i s-au asigurat locuințe în imediata apropiere a stației. În acest regim, orice avarie sau declanșare din stație este semnalizată la locuința personalului de exploatare, care se deplasează în stație și execută manevrele necesare.

În construcția posturilor de transformare s-au obținut importante reduceri de costuri, mai ales la partea de construcții, prin suprimarea completă a camerelor de joasă tensiune și înlocuirea lor cu tablouri în cutii metalice, amplasate în nișele din pereți.

Un pas mai înainte pe calea reducerii costurilor și a duratei de montare l-a constituit introducerea în exploatare a posturilor prefabricate, tipizate, echipate complet în întreprinderi specializate.

În domeniul utilizării energiei electrice

Prin dezvoltarea sectorului de producere a energiei electrice și crearea sistemului energetic național a fost posibil să se satisfacă ritmul rapid de creștere a consumului.

În perioada 1938 —1963, numărul consumatorilor de energie electrică a crescut de la 433 533 la 1 810 412, comsumul de energie electrică crescînd de peste 10 ori.

În industrie, consumul de energie electrică a crescut în perioada 1938 —1963 de 10,5 ori, la iluminatul public de 4,3 ori, la iluminatul general de 17,2 ori și la iluminat și utilizări casnice de peste 9 ori.

Ritmul anual de creștere a consumului de energie electrică folosit pentru uz casnic a fost de peste 18 % în ultimii ani, fiind de peste două ori mai mare decît în perioada anterioară.

La această creștere importantă a contribuit în primul rînd hotărîrea Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn și a Consiliului de Miniștri din 27 iulie 1961, care a stabilit o reducere a tarifului de energie electrică cu peste

30% și o reducere a prețurilor de vînzare la principalele aparate electrocasnice.

Tot ca urmare a hotărîrii din 27 iulie 1961 s-a redus și valoarea lucrărilor de branșamente și instalații interioare cu circa 20%, aceasta conducînd la o creștere importantă a numărului de consumatori casnici.

Astfel, numărul branșamentelor executate de unitățile Ministerului Minelor și Energiei Electrice a crescut de la 35 000, cît s-au executat în 1959, la 125 000, executate în 1963. Pentru anul 1964 se prevede executarea a 180 000 — 190 000 branșamente.

Și în dotarea cu aparate electrocasnice, care duc la creșterea confortului din locuințe, se constată o dezvoltare foarte mare în ultimii ani.

Astfel, la principalele aparate electrocasnice, se constată creșteri anuale, după cum se vede în tabela 3, considerînd aparatele achiziționate în 1959 ca fiind 100%.

Tabela 3

Denumirea aparatului	Anul				
	1959 %	1960 %	1961 %	1962 %	1963 %
Televizoare	100	156	220	395	680
Frigidere	100	160	580	1 040	1 480
Mașini de spălat rufe	100	135	220	270	310
Aspiratoare de praf	100	100	275	500	830

O grijă deosebită se acordă bunei deserviri a abonaților prin rezolvarea promptă și competentă a tuturor reclamațiilor în legătură cu refacerea legăturilor întrerupte de la rețeaua electrică.

În toate centralele de servire a abonaților sînt organizate servicii cu personal permanent, care acționează operativ la sesizările făcute de abonați. Deplasarea echipelor de deranjamente la abonați și lucrările de repunere sub tensiune a instalațiilor se execută gratuit.

Timpul mediu de rezolvare a unei reclamații este în continuă scădere, în localitățile urbane nedepășind în prezent 30 de minute.

Pe linia folosirii raționale a energiei electrice s-a dus o acțiune permanentă de aplatisare a a curbei de sarcină a sistemului energetic național. Prin măsurile luate, coeficientul de aplatisare a crescut în 1963 la 0,875.

Electrificări rurale

Colectivizarea totală a agriculturii a creat în țara noastră condițiile necesare măririi ritmului de electrificare în mediul rural. Prin realizarea sistemului energetic național unic s-a dat posibilitatea extinderii electrificării țării și la alimentarea consumatorilor rurali de la această sursă sigură și economică.

Pentru liniile de 6 —15 kV, pentru posturile de transformare și pentru liniile de joasă tensiune utilizate în mediul rural, s-au întocmit proiecte-tip în vederea reducerii masive a costurilor și accelerarea lucrărilor.

Pentru posturile de transformare de 6 — 15/0,4 kV pe stîlpi, folosite cu precădere în rețelele de electrificare rurală, s-a trecut la utilizarea soluției constructive cu un singur stîlp de lemn proptea, reducîndu-se în mod sensibil costul lor.

O reducere și mai substanțială a costurilor a fost obținută prin executarea unor rețele monofazate de electrificări rurale.

Din anul 1962 și pînă în prezent s-au pus în funcțiune 84 posturi de transformare monofazate de 10 kVA și 36 posturi de 25 kVA.

Întreprinderile regionale de electricitate au elaborat pentru fiecare regiune administrativă studii de electrificare rurală totală. Pe baza acestora a fost întocmit studiul de electrificare rurală totală a R.P.R., creîndu-se astfel posibilitatea încadrării lucrărilor de electrificare într-un plan unitar.

Toate aceste măsuri au asigurat condițiile pentru mărirea ritmului anual de electrificare rurală a țării noastre de la circa 400 sate în 1960 la peste 900 în 1963 și la 1 000 sate în 1964. Față de 483 sate electrificate pînă la sfîrșitul anului 1945, numărul acestora la sfîrșitul anului 1963 a fost de 5 529 și va fi de 6 529 la sfîrșitul anului 1964.

De asemenea, numărul noilor abonați din mediul rural crește de la an la an, ajungîndu-se ca în 1963 să se racordeze 120 000 abonați noi. Aceasta înseamnă o creștere de 19,5% față de numărul abonaților racordați în anul anterior.

În țara noastră au fost electrificate încă în anul 1963 toate stațiunile de mașini și tractoare, prin racordarea la sistem a 200 SMT și alimentarea din centrale locale a 60 SMT.

În 1964 s-a desfășurat o muncă susținută pentru electrificarea GAC. În acest scop, foarte multe unități au fost vizitate de specialiști care au explicat conducerilor GAC avantajele electrificării. Ca urmare a acestei acțiuni, circa 500 GAC au hotărît să electrifice sau să extindă instalațiile existente.

*

Realizările obținute în sectorul energiei electrice în cei douăzeci de ani de la eliberare sînt deosebit de importante. Sub îndrumarea partidului, muncitorii, inginerii și tehnicienii din sectorul energiei electrice vor munci mai departe cu însuflețire pentru electrificarea și industrializarea socialistă a patriei noastre.

Cercetări în cadrul sectorului energetic

Conf. ing. **C. Mihăileanu**
director general al energiei electrice din
Ministerul Minelor şi Energiei Electrice

Planul de dezvoltare a economiei naţionale în etapa actuală şi schiţa planului pentru etapa de perspectivă prevăd intensificarea industrializării ţării, astfel ca într-o perioadă cît mai scurtă să ajungem la nivelul ţărilor celor mai avansate din punctul de vedere al producţiei de bunuri materiale şi al nivelului de trai.

Ţinînd seamă de această dezvoltare a ansamblului economiei naţionale, Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. prevăd creşterea producţiei de energie electrică într-un ritm mai rapid decît ansamblul industriei, şi aceasta deoarece fără energie electrică dezvoltarea industriei ar fi de neconceput, ea constituind totodată şi o premisă importantă a introducerii progresului tehnic în industrie.

Dezvoltarea rapidă a instalaţiilor electroenergetice, termoenergetice şi hidroenergetice din cadrul sistemului energetic, atît ca număr cît şi din punctul de vedere al complexităţii — consecinţă directă a înfăptuirii programului de electrificare a ţării — a pus probleme grele, legate de proiectarea, montarea şi exploatarea lor. Pentru ridicarea nivelului tehnic al producţiei de energie electrică, cea mai importantă sarcină o constituie introducerea tehnicii noi (a mecanizărilor şi automatizărilor) în vederea realizării unei productivităţi înalte, a reducerii continue a preţului de cost al energiei, pentru ridicarea permanentă a calităţii energiei furnizate, cum şi pentru asigurarea continuităţii în alimentarea consumatorilor.

Pentru realizarea acestor obiective importante a fost şi este necesară elaborarea unor lucrări de studii şi cercetări la un nivel tehnic foarte ridicat.

Lucrări de studii şi cercetări în domeniul energetic se elaborează în cadrul Academiei R.P.R., cînd se referă la cercetări energetice cu caracter fundamental, şi în cadrul Departamentului Energiei Electrice din M.M.E.E., cînd cercetările au un caracter aplicativ, căutînd rezolvarea diferitelor probleme ridicate de funcţionarea instalaţiilor prezente şi viitoare ale sistemului energetic.

Cercetările în domeniul energetic în cadrul Academiei R.P.R. se desfăşoară la Institutul de energetică, iar unele aspecte sînt studiate şi la Institutul de fizică atomică.

Printre cercetările elaborate în cadrul Academiei R.P.R. se pot cita cele privind funcţionarea sistemelor energetice în ansamblu, studierea problemelor de reglaj, optimizări de repartiţii de sarcini, studierea unor fenomene din termoenergetică, cum ar fi cele legate de arderea combustibililor inferiori, regimurile de funcţionare a maşinilor electrice etc.

Studiile şi cercetările efectuate în cadrul Departamentului Energiei Electrice se desfăşoară în funcţie de problemele ridicate de exploatare, de modernizarea şi raţionalizarea instalaţiilor termo- şi electroenergetice din centralele şi staţiile electrice existente, de introducerea automatizărilor şi telemecanizărilor, de cercetările legate de proiectarea şi construcţia marilor obiective energetice etc.

De modul cum se efectuează aceste studii şi cercetări depinde buna funcţionare a sistemului energetic în ansamblul său şi orientarea corectă a dezvoltării sale continue şi rapide.

În continuare se va arăta care sînt direcţiile şi obiectivele cercetărilor efectuate în cadru Departamentului Energiei Electrice, pentru sistemul energetic, şi se va încerca schiţarea unor direcţii şi metode principale după care se consideră că ar trebui să se efectueze aceste cercetări în viitor.

Prin această analiză, făcută pe fundamentul dialectic al legăturii activităţii teoretice, de studii şi cercetări, legate de efectul lor practic, se vor putea cunoaşte mai bine sarcinile de viitor ce le au de rezolvat, pe linia cercetărilor tehnico-ştiinţifice, unităţile din cadrul Departamentului Energiei Electrice.

1. Dezvoltarea cercetărilor tehnico-ştiinţifice în cadrul Departamentului Energiei Electrice

La începuturile electrificării, adică din 1949—1950, sectorul de proiectare şi cel de construcţii-montaj au cunoscut o dezvoltare rapidă, consecinţă directă a programului de lucru ce-l aveau de rezolvat, program trasat prin planul de electrificare a ţării.

Pe măsura dezvoltării rapide a sistemului energetic, prin construirea de centrale electrice, de linii de transport şi distribuţie şi prin staţii de transformare şi conexiune, au început să apară probleme noi, legate de funcţionarea acestui sistem energetic.

Problemele ridicate de exploatarea instalaţiilor energetice, care creşteau o dată cu creşterea sistemului energetic, erau rezolvate local de diversele întreprinderi de electricitate şi de institutele de proiectare, suplinind astfel lipsa unei unităţi din cadrul departamentului care să se ocupe de studii şi cercetări energetice.

Începeau să apară numeroase domenii de bază, ca: stabilitatea sistemelor energetice, supratensiunile atmosferice şi de comutaţie, problema defectelor de izolaţie în reţelele sistemului energetic etc., în care trebuiau întreprinse diverse studii şi cercetări.

De asemenea, problemele de telemecanică și telefonie, precum și cele legate de automatizări complexe de sistem nu se puteau rezolva de către întreprinderile de electricitate separat, deoarece acestea erau legate de ansamblul sistemului energetic și nu se puteau trata izolat. Pentru rezolvarea tuturor acestor probleme era necesară crearea unei unități în cadrul Departamentului Energiei Electrice în care să se desfășoare în mod organizat și coordonat activitatea de cercetare necesară rezolvării problemelor puse de exploatarea și dezvoltarea sistemului energetic național.

Astfel, în 1958, în cadrul sectorului exploatării energiei electrice au luat ființă două unități, una la întreprinderea ,,Energo-reparații'' și alta la Întreprinderea de electricitate Sibiu, care să abordeze problemele legate de exploatare. La 1 ianuarie 1960, aceste unități s-au transformat în Întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME), care are un caracter complex, de cercetare tehnico-științifică, asistență tehnică și construcție de aparataj specific energetic, de serie mică.

Prin aceasta s-a avut în vedere efectuarea a o serie de studii și cercetări menite să rezolve problemele de exploatare la nivelul tehnicii celei mai avansate și construirea unei serii de aparate care rezultau în urma studiilor și cercetărilor efectuate și care nu se puteau achiziționa din străinătate și nici din cadrul industriei electrotehnice din țară.

În prezent, în cadrul Departamentului Energiei Electrice din M.M.E.E., studiile și cercetările tehnico-științifice se desfășoară pe baza unui plan anual, de către aproape toate unitățile, în funcție de specificul respectiv — de exploatare, de proiectare, de construcție-montaj etc.

Acest plan departamental conține șase capitole, și anume:

a) studii tehnico-economice;

b) cercetări tehnico-științifice;

c) asimilarea realizării unor aparate noi, care se construiesc cu mijloace proprii ale departamentului;

d) modernizarea unor aparate existente;

e) automatizări în centrale, stații și rețele electrice;

f) introducerea unor procedee tehnologice noi pentru exploatarea instalațiilor electrice.

Aceste activități se realizează în cadrul Departamentului Energiei Electrice de către unitățile de exploatare (IRME, UPDE, ,,Energo-reparații"), proiectare (ISPE, ISPH), construcții-montaj (TCME) — în funcție de specificul respectiv —, care lucrează în strînsă legătură cu întreprinderile de exploatare ale centralelor și rețelelor electrice, introducînd în mod organizat în exploatare studiile și cercetările elaborate.

În cadrul Întreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice funcționează un compartiment tehnic, în care se elaborează lucrările de studii, cercetări, asimilări de produse noi și modernizări, cum și un sector de producție industrială, în care se execută pentru întreprinderile de exploatare produse ce se elaborează de către compartimentul tehnic.

În afara acestor două activități, întreprinderea desfășoară și o largă activitate de asistență tehnică dată exploatărilor la cererea directă a acestora, în vederea îmbunătățirii funcționării instalațiilor.

Ca urmare a întocmirii de studii și cercetări tehnico-științifice și a activității de asistență tehnică, dusă în cadrul întreprinderii, a apărut necesitatea construirii unei game variate de aparate și utilaje cu caracter energetic, fără de care punerea în practică a studiilor și cercetărilor întreprinse ar fi fost imposibilă.

Aceste obiective se desfășoară în principalele ramuri energetice, și anume sisteme electroenergetice, aparataj electric de înaltă tensiune, termoenergetic, hidroenergetic și teletransmisiuni energetice.

La Unitatea productivă de dispecer energetic (UPDE) s-au efectuat studii privind regimurile de funcționare a sistemului energetic (studii de stabilitate statică și dinamică, circulații de puteri, curenți de scurtcircuit etc.), efectuîndu-se în acest scop diverse probe în sistem pentru verificarea practică a rezultatelor studiilor și cercetărilor efectuate.

În cadrul întreprinderii ,,Energo-reparații'' s-au efectuat studii și cercetări în legătură cu materialele din care sînt confecționate organele mașinilor energetice (cercetări metalurgice), cu comportarea la vibrații a paletelor turbinelor, precum și cu reducerea timpului de staționare a agregatelor (echilibrarea la turație nominală).

În cadrul Institutului de studii și proiectări hidroenergetice (ISPH) s-au întocmit studii atît în cadrul sectoarelor de proiectare cît și în cadrul sectoarelor de cercetări și studii de teren.

În cadrul sectoarelor de proiectare s-au executat studii privind inventarierea potențialului hidroenergetic al R.P.R., studii tehnico-economice pentru amenajarea hidroelectrică a bazinelor hidrografice sau a uzinelor hidroelectrice mai importante, studii privind regimul de funcționare a uzinelor hidroelectrice etc.

Unitățile de studii și cercetări au avut sarcina de a întocmi studii de teren amănunțite referitor la amenajarea energetică a principalelor rîuri din țară, studii hidrologice, studii geologice și geotehnice, studii topografice etc.

Studiile și cercetările întocmite de Institutul de studii și proiectări energetice (ISPE) privesc realizarea concretă a unor obiective energetice, stabilirea unor metode și procedee de calcul și execuție noi, cercetarea problemelor și fenomenelor sistemului energetic, stabilirea tipurilor și performanțelor echipamentelor și aparatelor necesar a fi asimilate de industria electrotehnică, determinarea nivelului tehnic optim posibil a fi atins cu mijloacele actuale etc. Prin această activitate, absolut necesară pentru desfășurarea unei activități de proiectare mature, se asigură o calitate corespunzătoare a soluțiilor prevăzute în proiecte, atît în ceea ce privește concepția de bază cît și în ceea ce privește condițiile și posibilitățile de execuție.

În cadrul Trustului de construcții și montaje energetice (TCME), și în unitățile sale, s-a efectuat o serie de cercetări tehnico-științifice în scopul măririi productivității muncii, modernizării produselor și îmbunătățirii calității lucrărilor de construcții și montare a liniilor, stațiilor și centralelor electrice.

2. Probleme de cercetare rezolvate în cadrul sectorului energetic

În cadrul sectorului energetic au fost rezolvate o serie de probleme, ca urmare a studiilor și cercetărilor întreprinse de diversele unități din sector, probleme ce pot fi încadrate în următoarele acțiuni importante:

2.1. Introducerea automatizărilor în sistem și local, în centralele și rețelele electrice.

2.2. Introducerea teletransmisiilor (telecomunicațiilor prin curenți purtători și a telemecanicii).

2.3. Comportarea în exploatare a echipamentului energetic (electro-, termo- și hidroenergetic).

2.4. Probleme de izolație a instalațiilor de înaltă tensiune și a protecției acestora împotriva supratensiunilor.

2.5. Folosirea mijloacelor moderne de calculat.

2.6. Cercetări legate de proiectarea și construcția obiectivelor energetice importante.

2.1. *Introducerea automatizărilor în sistem și local, în centralele și rețelele electrice*

Activitatea de cercetare dusă pe linia introducerii automatizărilor în sectorul energetic a constat în principal în următoarele lucrări privind ridicarea nivelului tehnic al producției:

— În domeniul automaticii de sistem, în urma cercetărilor teoretice referitoare la conducerea automată a sistemelor energetice, s-a elaborat și realizat un sistem de încărcare automată a centralelor în ceea ce privește puterea activă.

Aceasta reprezintă elementul de automatizare primordial, de adaptare, din punctul de vedere al reglajului automat al centralelor reglante, la reglajul secundar.

Instalațiile de acest tip care vor intra în funcțiune în stadiu experimental în acest an permit automatizarea încărcării hidrocentralelor, realizîndu-se prin aceasta o primă etapă pentru introducerea reglajului automat frecvență-putere și pentru încărcarea automată a centralelor hidroelectrice funcționînd în cascadă.

Pentru ușurarea comenzii prin dispecer a centralelor din sistemul național, în vederea reglării frecvenței și puterii de schimb pe linia de interconexiune cu sistemele energetice ale țărilor membre CAER, s-a realizat un traductor pentru binomul de reglaj, adică un dispozitiv care formează o combinație liniară între abaterea de frecvență (în raport cu o frecvență de consemn) și abaterea puterii de schimb (tot în raport cu un consemn).

— Automatizarea funcționării diverselor agregate. În acest domeniu s-au realizat și s-a pus la dispoziția întreprinderilor de electricitate următoarele tipuri de instalații:

— dispozitiv pentru reanclanșarea automată rapidă a liniilor de înaltă tensiune, contribuind în mare măsură la ridicarea gradului de siguranță în funcționarea sistemului energetic;

— dispozitiv pentru anclanșarea automată a rezervei;

— dispozitiv pentru deconectarea sarcinii în funcție de frecvență;

— dispozitiv pentru reglajul automat al ploturilor la transformatoare;

— instalație complexă de centralizare a comenzilor și semnalizărilor la cazanele cu abur;

— instalație de automatizare a procesului de ardere la cazane cu combustibili gazoși tip AEH—3;

— releu de protecție contra deplasărilor axiale ale turbinelor etc.

2.2. *Introducerea teletransmisiilor (telecomunicații și telemecanică) în sistemul energetic*

Centralizarea conducerii și controlului asupra sistemelor energetice reprezintă una din formele cele mai avansate de exploatare a acestora și asigură premisele introducerii automatizărilor complexe ale întregului sistem.

Conducerea centralizată, împreună cu automatizarea, în afară de faptul că asigură un nivel tehnic ridicat în exploatarea sistemului energetic, permite mărirea productivității muncii datorită reducerii personalului de exploatare.

În sectorul energetic s-a introdus o serie de instalații destinate realizării centralizării conducerii și controlului sistemului, dintre care se menționează:

— instalații de telecomunicații prin curenți purtători pe liniile de transport de energie;

— instalații de telecomunicații prin unde ultrascurte (UKW);

— instalații de telemecanizare.

Echipamentele de telefonie prin curenți purtători permit realizarea unei rețele de telecomunicații pe distanțe mari (de ordinul sutelor de kilometri). Avantajul principal al acestui gen de telefonie constă în economicitatea sa. Cheltuielile de investiţii şi exploatare sînt mult reduse, întrucît pentru realizarea convorbirilor sînt folosite circuitele existente ale liniilor de transport de energie. Acest avantaj este cu atît mai evident cu cît distanţele din cadrul reţelei telefonice sînt mai mari. Astfel, pentru liniile electrice aeriene s-au realizat echipamente de telefonie prin curenţi purtători de tip BLU (bandă laterală unică), care se folosesc la transmiterea mesajelor telefonice, permiţînd totodată realizarea legăturilor de telecomandă.

Instalaţiile de telefonie prin unde ultrascurte (UKW) au o eficienţă economică superioară faţă de echipamentele prin curenţi purtători, deoarece nu necesită dispozitive de cuplare la liniile de transport de energie şi prezintă siguranţă mărită în exploatare, întrucît funcţionarea lor nu depinde de starea circuitelor de legătură.

În prim stadiu, aceste instalaţii vor fi folosite de echipele de intervenţii şi vor fi constituite dintr-un post fix situat la centrul de conducere operativă şi un post mobil servit de echipe de intervenţie.

Primele echipamente de acest gen au fost deja introduse în exploatare.

— Instalaţiile de telemecanizare.

Aceste instalaţii îndeplinesc următoarele funcţiuni :

— obţinerea de informaţii rapide asupra parametrilor energetici (telemăsură) ;

— obţinerea de informaţii asupra funcţionării instalaţiilor energetice (telesemnalizare) ;

— modificarea stării agregatelor din sistem (telecomandă) ;

— modificarea regimurilor de funcţionare a agregatelor (telereglaj).

Elaborarea şi construcţia instalaţiilor de telemecanică a început în 1957 şi s-a dezvoltat pe două principii de schemă distincte :

— instalaţii pe principiul schemelor cu fire multe ;

— instalaţii pe principiul schemelor cu fire puţine.

Astfel, în perioada 1957 —1963 s-au realizat instalaţii de telemecanică cu fire multe destinate telemecanizării a 21 staţii electrice de transformare, din care zece, fiind deja puse în funcţiune, au şi permis reducerea personalului de exploatare cu 16 electricieni.

De asemenea, în perioada 1957-1963 s-au executat şi instalaţii de telemecanică cu fire puţine, tip ETM —2 şi ETM —3, destinate telemecanizării a 18 staţii, din care 12, fiind puse în funcţiune, au eliberat un număr de 68 electricieni.

Prin introducerea telemecanizărilor în sistem în perioada 1964 —1965 se prevede o reducere a personalului de exploatare cu 180 electricieni.

În prezent şi în viitorul apropiat se va continua acţiunea de modernizare şi de menţinere la nivelul tehnicii mondiale a echipamentelor de telemecanică, prin înlocuirea releelor şi selectoarelor cu elemente fără contacte.

Echipamentele de telemecanică folosind elemente cu contacte — relee şi selectoare — prezintă dezavantajele că sînt supuse uzurii, au o viteză redusă de acţionare, necesită întreţinerea frecventă. De aceea o dată cu apariţia tranzistoarelor şi a altor elemente statice, care pot avea două stări distincte, acestea au început să fie folosite ca organe de comutare logice, în schemele de telemecanică.

În acest sistem s-a realizat prototipul industrial al unui echipament de telemecanică tranzistorizat, cu cod ternar, destinat telemecanizării centralei hidroelectrice Pîngăraţi şi în general a centralelor hidroelectrice de pe rîul Bistriţa, din centrala ,,V. I. Lenin''-Bicaz.

De asemenea s-a mai realizat prototipul unei instalaţii fără contacte, de telesemnalizare ciclică, de volum redus.

Prototipurile au fost realizate după o studiere atentă a realizărilor străine din acest domeniu şi prezintă indici asemănători cu acestea. Ele au fost calculate, studiate şi experimentate multilateral, în laboratoare, şi după verificarea lor în exploatare se vor produce în numărul necesar.

2.3. *Comportarea în exploatare a echipamentului energetic* (*electro-, termo- şi hidroenergetic*)

Aceste cercetări s-au bazat atît pe analiza unor avarii care s-au produs în instalaţiile sistemului energetic, cît şi pe unele probe executate direct în sistem, şi au avut drept scop stabilirea caracteristicilor reale de funcţionare a utilajului energetic în exploatare.

Totodată, pe această cale se stabilesc defecţiunile caracteristice anumitor tipuri de utilaje, propunîndu-se fabricilor constructoare măsurile ce trebuie luate în procesul de fabricaţie pentru lichidarea lor. În acest sens, se menţionează probele efectuate asupra întrerupătorului IUP —110.

În domeniul termoenergetic s-a studiat problema funcţionării economice şi sigure a utilajului.

Dintre problemele mai importante rezolvate în exploatare se citează :

— instalaţiile de demineralizare a apei la centrala Borzeşti ;

— cercetarea cauzelor care duc la apariţia depunerilor pe palete la turbinele centralei Doiceşti, lucrare care s-a soldat cu creşterea puterii disponibile a centralei de la 116 la 119 MW ;

—studierea sistemelor de tratare a apei de adaos existente în centrale ;

— mărirea debitului şi a randamentului pentru ventilatoarele de aer şi gaze.

În domeniul metalurgic s-au efectuat studii și cercetări în următoarele probleme :

— încercarea cu aliaje dure a pieselor ce funcționează la temperaturi ridicate (supape, scaune de supapă etc.) supuse la uzură ;

— studii și cercetări asupra posibilității de sudare a oțelurilor inoxidabile și refractare, utilizate în instalațiile energetice ;

— studii și cercetări privind aplicarea procedeului de nitrurare la piesele de turbine confecționate în cadrul întreprinderii ,,Energoreparații'' ;

— studii și cercetări privind posibilitățile de înlocuire a bronzului cu aliaje de aluminiu standardizate, la confecționarea rotoarelor de pompe centrifugale ;

— sudarea rotoarelor de turbină, problemă nouă, pentru care s-a stabilit un proces tehnologic adecvat și s-a aplicat la două turbine cu rezultate bune.

În legătură cu comportarea oțelurilor la temperaturi înalte, temperaturi întîlnite foarte des în centralele noi, s-au analizat și s-au efectuat în ultimii zece ani observații asupra comportării materialelor utilizate la construcția de turbine și cazane, la temperaturi înalte.

Organele de mașini care lucrează la astfel de temperaturi sînt supuse, pe lîngă sarcinile efective, de serviciu, și fenomenului de fluaj și modificărilor structurale ale materialului.

Drept rezultat, materialul capătă în timp caracteristici fizico-mecanice mult scăzute, conducînd la avarii (explozii de conducte, țevi etc.).

Pentru prevenirea acestora s-a studiat și cercetat amănunțit acest fenomen și s-a întocmit o instrucțiune cu privire la controlul fluajului și al modificărilor de structură ale materialului conductelor, colectoarelor și supraîncălzitoarelor de abur, instrucțiune care a fost difuzată centralelor termoelectrice avînd agregate cu parametri de lucru ridicați.

Prin aplicarea consecventă a acestor instrucțiuni se pot preveni avariile datorite fenomenului de fluaj.

În problema vibrațiilor paletelor de turbine cu abur, s-au studiat și cercetat metode de măsurare și de calcul al frecvențelor proprii ale paletelor, în vederea stabilirii soluțiilor pentru scoaterea din rezonanță a acestora, evitînd în felul acesta avariile de palete existente la turbinele din exploatare.

Tot în legătură cu mărirea siguranței în funcționare a paletelor, s-a cercetat rezistența la oboseală a acestora, și în special la paletele fabricate în întreprinderea ,,Energo-reparații''.

Pentru paletele care au funcționat un timp îndelungat s-a căutat a se stabili o bază tehnică de apreciere a siguranței în funcționare, prin determinarea decrementului logaritmic al amortizării oscilației paletelor.

În acest scop s-au studiat și cercetat metode adecvate pentru măsurarea practică a acestui decrement, la paletele de pe turbinele în exploatare, urmînd a se stabili criteriile după care anumite palete vot fi menținute în continuare în exploatare sau vor fi scoase și înlocuite.

Pentru scurtarea timpului de staționare a agregatelor, s-a cercetat și s-a pus la punct o metodă de echilibrare la turația nominală a agregatelor, care, pe lîngă precizia mărită, are și meritul de a reduce substanțial volumul mare de lucru, prin evitarea scoaterii din mașină a rotoarelor grele și echilibrarea lor pe banc.

2.4. *Probleme de izolație a instalațiilor de înaltă tensiune și a protecției acestora împotriva supratensiunilor*

În cadrul acestei acțiuni s-au studiat mai multe probleme, și anume :

Compensarea la rezonanță a curenților capacitivi din rețelele de medie tensiune

Din studierea diferitelor metode de tratare a neutrului s-a ales metoda compensării curenților capacitivi de punere la pămînt prin bobine de stingere de tip Petersen. Cercetările experimentale efectuate au scos în evidență avantajele compensării la rezonanță a curenților capacitivi (reducerea timpului de restabilire a tensiunii pe faza defectă și deci a probabilității de apariție a supratensiunilor provocate de intermitența arcului de punere la pămînt), față de metoda supracompensării.

În scopul asigurării compensării la rezonanță, cercetările se desfășoară pe linia realizării aparaturii pentru indicarea stării de acord și a bobinelor de stingere care să asigure un reglaj continuu sub sarcină. Introducerea compensării în rețele de medie tensiune s-a și făcut simțită, prin reducerea numărului de cazuri de transformare a simplelor puneri la pămînt în duble puneri la pămînt.

Cercetarea keraunicității țării

Necesitatea cunoașterii keraunicității țării s-a făcut simțită atît în cadrul unităților de proiectare cît și al celor de exploatare. Cercetările au avut drept scop :

— determinarea indicelui keraunic și întocmirea hărții keraunice a țării ;

— măsurarea amplitudinii curenților de trăsnet.

Pentru întocmirea hărții keraunice a fost organizată o rețea de observație vizuală pe întreg teritoriul țării. Totodată se experimentează introducerea pe scară largă a contoarelor de descărcări atmosferice, care pot furniza date mult mai obiective decît observațiile vizuale.

În 1963 au fost pregătite condițiile pentru măsurarea curenților de trăsnet, obținîndu-se totodată și primele rezultate. Pentru măsurare se folosesc sondele (baretele) feromagnetice.

Analiza schemelor și a mijloacelor de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice

În această direcție s-au studiat următoarele aspecte :

— oportunitatea demontării coarnelor de protecție de pe aparataj ;

— întocmirea unei instrucțiuni de montare, exploatare și încercare în exploatare a descărcătoarelor cu rezistență variabilă ;

— realizarea unei instalații de impuls pentru încercarea în exploatare a DRV-urilor.

Defectoscopia liniilor aeriene de înaltă tensiune

Pentru mărirea siguranței în funcționare a instalațiilor electrice s-a studiat o serie de metode de încercare preventivă și defectoscopie, care aveau drept scop determinarea din timp a defectelor de izolație în exploatare, înainte ca acestea să poată da naștere la avarii.

Una dintre metodele cercetate cu aplicare generală la izolația liniilor aeriene și a stațiilor este defectoscopia prin radiofrecvență.

Metoda se bazează pe detectarea cu ajutorul unui receptor de radiofrecvență a perturbațiilor de înaltă frecvență produse de descărcările parțiale care iau naștere datorită solicitărilor complexe din exploatare.

După un an de experimentare s-a putut verifica eficacitatea metodei și a aparatului ; în toate punctele în care aparatul a înregistrat nivel de perturbații mărit, s-a constatat existența unor izolatoare defecte.

Experimentarea continuă prin măsurători extinse pe mai multe linii electrice în exploatare, în scopul obținerii unui volum de date suficient pentru introducerea metodei în controlul în exploatare a izolației liniilor electrice aeriene.

Realizarea unui aparat pentru determinarea locului de scurtcircuit pe liniile electrice aeriene

Aparatul se bazează pe măsurarea componentelor homopolare de curent și tensiune la cele două capete ale liniei avariate, cu ajutorul unui aparat de măsură la care se blochează acul indicator la valoarea măsurată în timpul avariei.

Avantajul aparatului față de locatorul prin impulsuri pentru detectarea defectelor pe liniile aeriene este : se înregistrează locul de defect și în cazul scurtcircuitelor trecătoare și măsurarea se face cu linia în funcțiune.

Aparatul este în curs de experimentare pe una din liniile de 110 kV, urmînd a fi introdus apoi în exploatare.

2.5. Folosirea mijloacelor moderne de calculat

Proiectarea și exploatarea sistemelor energetice moderne necesită rezolvarea unui număr mare de sarcini complicate, legate de cercetarea regimurilor de funcționare a sistemului, atît pentru cazurile normale cît și pentru cele de avarie.

Rezolvarea analitică a acestor probleme necesită un volum mare de calcule realizate de personal de înaltă calificare.

Pentru ușurarea acestor calcule se folosesc în prezent mijloace auxiliare de calcul.

În acest scop, în ultimii ani, în cadrul IRME s-a realizat un număr de mese de calcul cu rezistențe active alimentate în curent continuu.

Primele mese de calcul de acest gen au fost modele cu schemă fixă.

Datorită modificărilor permanente ale schemelor, mai ales într-un sistem energetic ca al țării noastre, caracterizat printr-o dezvoltare rapidă, s-a trecut la realizarea unor mese de calcul de tip universal. Aceste mese de calcul sînt folosite pentru calcule operative, calculul curenților de scurtcircuit, circulații de puteri, nivele de tensiuni etc.

Tot pentru ușurarea calculelor legate de stabilirea regimurilor de funcționare a sistemului energetic, ținînd seamă de repartiția optimă a puterilor active între centrale, s-a realizat un calculator electronic de tip analogic.

Calculatorul permite determinarea repartiției optime a puterilor active între zece centrale, ținînd seamă de pierderile de putere din rețeaua de interconexiune. Acest calculator poate fi folosit de asemenea la optimizarea parametrilor de reglaj ai instalațiilor și dispozitivelor de reglare automată ce se introduc în sistemul energetic.

În probleme de sistem s-au făcut studii asupra repartiției optime a puterilor în sistemul energetic R.P.R., folosind mașinile electronice de calculat.

Metoda de calcul propusă se aplică în problemele sistemului energetic folosind calculatoarele cifrice CIFA.

Pentru a se putea rezolva problemele din ce în ce mai numeroase și mai dificil de rezolvat, s-a trecut treptat la folosirea calculatoarelor electronice cifrice. În acest sens a fost întocmit un prim lot de programe tip privind problemele cele mai frecvente din sectorul energetic. Actualmente se studiază repartiția optimă între centralele termo- și hidroelectrice.

În sectorul de construcții, determinarea eforturilor în structurile de rezistență constituie o problemă deosebit de importantă, de rezolvarea căreia depinde în mare măsură alegerea tipului de structură și dimensionarea judicioasă și economică a elementelor. În scopul îmbunătățirii proiectării din acest punct de vedere, s-au alcătuit programe speciale pentru calculul eforturilor de orice tip de structură, cu ajutorul calculatoarelor electronice. Pe baza metodologiei și a programelor corespunzătoare, întocmite pentru calculul static al structurilor, proiectanții stabilesc numai elementele geometrice ale structurii și momentele de încastrare perfectă din sarcinile exterioare (elemente de pornire, de altfel în oricare din metodele cunoscute ce se utilizează la calculul cu rigla), restul calculelor, pînă la momentele de încovoiere, fiind efectuate de către mașină. În acest fel, din activitatea inginerilor constructori a fost eliminată, în bună parte, munca mecanică, obositoare, privind calculul eforturilor, ceea ce va permite o utilizare mai rațională a timpului de proiectare și adoptarea unor soluții dintre cele mai moderne și economice.

Deși capacitățile disponibile pe mașini de calcul cifrice se mențin în limite foarte restrînse, totuși pentru un număr relativ mare de probleme de studii și proiectări s-au elaborat și folosit lucrările pentru trecerea efectuării calculelor pe mașini. De exemplu se calculează în acest fel probleme de tipul următor :

— calculul electric al liniilor lungi ;

— reducerea schemelor electrice ;

— calculul regimurilor dinamice pentru scheme reduse la echivalente tipizate ;

— calculul regimurilor staționare ;

— calculul formulelor de pierderi de transport ;

— calculul structurilor static nedeterminate ;

— calculul grinzilor și plăcilor pe mediu elastic ;

— calculul dinamic al construcțiilor ;

— calculul conductelor solicitate la eforturi sub acțiunea dilatărilor ;

— calculul static al construcțiilor plane în domeniul elastic prin metoda deplasărilor etc.

Pînă la procurarea unui calculator electronic destinat sectorului energetic, care se va face într-un viitor apropiat, aceste calcule se efectuează la calculatoarele existente în țară (CIFA).

2.6. *Cercetări legate de proiectarea și construcția obiectivelor energetice importante*

În domeniul proiectărilor hidroenergetice s-au executat studii ce pot fi grupate în patru capitole mari, care au precedat proiectarea propriu-zisă :

— studii de inventariere a potențialului hidroenergetic al R.P.R. ;

— studii tehnico-economice pentru amenajarea hidroelectrică a bazinelor hidrografice sau a centralelor hidroelectrice mai importante ;

— studii privind regimul de funcționare a centralelor hidroelectrice și planurile de exploatare a lacurilor de acumulare cu folosință energetică sau complexă ;

— studii privind alegerea și justificarea construcției de centrale hidroelectrice în cadrul planului de electrificare.

În domeniul hidrologic, studiile efectuate pe baza datelor obținute în stațiile proprii departamentului sau în stațiile Comitetului de Stat al Apelor au permis întocmirea monografiilor pentru un mare număr de bazine din țară, inventarierea potențialului hidroenergetic al R.P.R. și concretizarea concluziilor hidrologice sub formă de volume speciale la proiectele hidrocentralelor, precum și ale termocentralelor. În ceea ce privește hidrologia Dunării, s-au instalat peste 200 de mire limnimetrice noi, permițînd stabilirea modificărilor de nivel pe care le vor aduce viitoarele baraje de pe fluviu.

În domeniul topo-geodezic, pe lîngă lucrările curente de ridicări și tasări pentru hidrocentralele construite pînă în prezent, s-a rezolvat prin metode noi o serie de probleme speciale, printre care se citează : urmărirea deformațiilor barajelor, prin metode geodezice, ridicări aerofotogrametrice ale bazinelor din zonele alpine greu accesibile, transmiterea în subteran a cotelor și orientărilor topo prin puțuri de mare adîncime.

În domeniul geologiei și geotehnicii, lucrările energetice, și în special construcțiile hidroenergetice, au ridicat numeroase probleme, adesea foarte dificile, atît în fază de proiect cît și în timpul execuției, fapt care a necesitat realizarea unor studii amănunțite de teren, bazate pe cartări geologice și un mare număr de lucrări de prospectare prin foraje mecanice, puțuri, galerii, foraje manuale, derocări etc., lucrări executate în șantiere de studii special organizate, răspîndite pe întreg teritoriul țării, în cea mai mare parte în regiuni foarte accidentate și izolate.

Pentru determinarea coeficienților geotehnici necesari proiectării fundațiilor construcțiilor energetice, a trebuit să se stabilească pentru prima dată la noi în țară metodologii speciale, care prevăd supunerea rocilor la sarcini ce depășesc cu mult încărcările datorită construcțiilor, obținîndu-se direct pe teren rezistența la compresiune, modulul de elasticitate, coeficienții de frecare, capacitatea portantă, deformațiile rocilor corespunzătoare unor anumite trepte de presiune în galerii de probă etc.

Stabilirea condițiilor geologice generale și de detaliu, determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale terenurilor, clarificarea aspectelor hidrologice, studiul permeabilităților și soluționarea consolidării rocilor în zonele slabe au constituit probleme de o deosebită importanță în proiectarea și execuția centralelor hidroelectrice de la Bicaz, Sadu, Argeș etc.

O deosebită preocupare a constituit, în special în anii 1958 —1959, realizarea injecțiilor de consolidare a rocii de bază și crearea voalului de etanșare la barajul centralei hidroelectrice „V. I. Lenin”-Bicaz, a barajului de la Teliuc și Secul. În ultimii ani, alte lucrări energetice, necesitînd injecții în strate aluvionare, de asemenea în faze de execuție (CHE Bistrița aval și Argeș), au impus probleme tehnice deosebit de grele, care au fost însă soluționate în mod satisfăcător, pentru prima dată în țara noastră.

Spre deosebire de studiile menționate, al căror obiectiv este o reprezentare fidelă a terenului din punct de vedere morfologic, structural și hidrofenomenal, proiectarea lucrărilor energetice necesită încă o serie întreagă de date de altă factură, constituite în general din recomandări privind materiale de construcție, dimensiunile și forma optimă a unora dintre părțile constructive, rezultate pe baza cercetărilor experimentale în laborator și menite să aducă avantaje deosebit de importante în durabilitatea și economicitatea lucrărilor proiectate.

Aceste date au fost furnizate de unitățile de cercetări care au trebuit să facă față tuturor cerințelor proiectării și execuției lucrărilor energetice realizate pînă în prezent.

Astfel, a fost rezolvată problema cimenturilor speciale de baraje pentru amenajările de la Bicaz, Sadu, Teliuc, Secul, Argeș etc., condiționîndu-se la fiecare lucrare în parte folosirea unor tipuri anumite de ciment și de adaosuri, funcție de dimensiunea uvrajului, de condițiile de punere în operă și de agresivitatea apelor.

De asemenea, pentru toate construcțiile energetice au fost rezolvate problemele tehnice și economice în vederea stabilirii condițiilor de folosire a agregatelor din balastiere și cariere.

O altă preocupare în domeniul cercetărilor, care s-a dezvoltat mai mult în ultimii ani, o formează studiul condițiilor de folosire a pămîntului ca material de construcție, pentru baraje de pămînt, și urmărirea caracteristicilor de comportare în funcție de procesul tehnologic de punere în operă, precum și studiul comportării pămînturilor în jurul părții îngropate a stîlpilor burați, la liniile de 15 și 35 kV.

În ceea ce privește modelarea structurilor ca metodă adiacentă a elaborării proiectelor construcțiilor hidrotehnice, în special a barajelor în arc, s-a făcut un important pas înainte în punerea la punct a metodologiei prin abordarea unor probleme speciale, ca, de exemplu : aplicarea metodei fotoelasticimetrice, modelarea formei barajelor cu ajutorul membranelor elastice și determinarea coeficientului de siguranță a barajelor în arc, prin încercări la rupere pe modele.

În domeniul cercetărilor hidraulice a fost creată încă din anul 1954 o unitate de specialitate, în scopul efectuării încercărilor pe modele și a măsurătorilor hidraulice la lucrările executate.

După începuturi modeste cu patru-cinci încercări pe an, s-a ajuns în timp scurt la executarea anuală a peste douăzeci de modele, cu toate studiile pe care acestea le implică. În vederea acoperirii necesităților specifice ale sectorului energetic, cercetările hidraulice au fost orientate astfel încît să poată cuprinde atît studiile pe modele de ansamblu pentru nodurile hidrotehnice, efectuate în paralel cu proiectarea, cît și cercetările asupra construcțiilor hidrotehnice, și mai ales asupra concordanței dintre ipoteza de proiectare, rezultatul studiilor pe model și datele obținute direct, prin măsurătorile în natură.

De asemenea, cercetările destinate stabilirii unor metode de proiectare hidraulică, fie în cadrul unei tematici speciale, fie prin extinderea programului de încercări ale lucrărilor concrete, au putut conduce la rezolvarea în timp scurt a unui mare număr de probleme prin metode originale și chiar tipizarea unor soluții privitoare la : disipatoare la baraje mobile de joasă presiune (Nedelea și Roznov), orificii pentru stavile de fund (Pîngărați, Vaduri, P. Neamț), diafragme pentru castele de echilibru (Argeș, Drăgan), grătare de fund pentru prize tiroleze (Sadu și Drăgan), dispozitive de spălare intermitentă și uniformizarea vitezelor la denisipator (Paroșeni, Doicești) etc.

Este de menționat că cercetările hidraulice au avut adesea menirea să realizeze economii apreciabile la valorile de investiții ale construcțiilor hidroenergetice, prin îmbunătățirea proiectelor inițiale, ca, de exemplu : în cazul reducerii cu 30% a frontului barajului Roznov, pe bază de cercetări de laborator, scurtarea lungimii distrugătorului de energie etc.

Principalele probleme asupra cărora se efectuează studii și cercetări în cadrul sectorului de proiectări termoenergetice sînt următoarele :

— alimentarea cu căldură a consumatorilor industriali și urbani ;

— termoficarea industrială și urbană ;

— extinderea centralelor termoelectrice existente și construcția de noi centrale termoelectrice ;

— modernizarea schemelor tehnologice pentru producerea energiei termice și electrice în centralele industriale existente ;

— modernizarea centralelor vechi pentru funcționarea în regim de termoficare ;

— stabilirea condițiilor tehnice pentru asimilarea în țară a echipamentelor termoenergetice principale (cazane, turbine) cu parametri ridicați.

În cadrul sectorului de proiectare în sisteme energetice sînt analizate problemele de bază legate de realizarea planului de electrificare și de determinarea regimurilor optime de funcționare a sistemelor energetice :

— stabilirea dinamicii consumului de energie electrică al R.P.R. ;

— dezvoltarea rețelelor electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune (110, 220, 400 kV) ;

— stabilirea oportunității extinderii sau construirii de noi centrale termoelectrice ;

— problema interconexiunii sistemului energetic național cu alte sisteme energetice ;

— stabilirea soluțiilor de alimentare cu energie electrică a marilor consumatori industriali și a centrelor importante de consum ;

— stabilirea soluţiilor de principiu privind electrificarea urbană şi rurală;

— studierea regimurilor de funcţionare a unor consumatori speciali (staţii pentru alimentarea căilor ferate electrificate, consumatori care au cuptoare cu arc, consumatori avînd motoare electrice mari, de 1 —5 MW);

— compensarea puterii reactive la marii consumatori industriali;

— calculul curenţilor de scurtcircuit simetrici şi nesimetrici şi determinarea caracteristicilor principale ale aparatajului electric.

Pe măsura dezvoltării electrificării ţării noastre, studiile privind problemele şi fenomenele sistemului energetic sînt continuate, extinse şi adîncite. Astfel, s-a abordat într-o manieră total nouă problema puterii reactive în sistemul nostru energetic, şi anume necesarul de putere, locul de amplasare a surselor de putere reactivă, metodologia de calcul etc.

Pe baza unor programe de studii şi cercetări sistematice privind soluţiile optime de construcţie a liniilor electrice aeriene, stîlpii de beton armat centrifugaţi au fost tipizaţi şi extinşi într-o gamă foarte largă de sortimente pentru electrificări rurale, iluminat urban, linii de 6 —15 kV, de 35 kV, de 110 kV simplu şi dublu circuit şi experimentaţi pentru linii de 220 şi 400 kV. Pentru economisirea în continuare a oţelului s-au creat, pe bază de studii şi cercetări, condiţii de trecere, în 1964, la execuţia pe scară industrială a stîlpilor centrifugaţi precomprimaţi.

Prin examinarea comportării liniilor executate anterior, urmărirea sarcinilor meteorologice ce se realizează, efectuarea de experimentări ştiinţifice asupra stîlpilor şi fundaţiilor şi introducerea de noi dispoziţii constructive, metodele folosite în proiectare se îmbunătăţesc continuu. Datele obţinute servesc la perfecţionarea metodelor teoretice de calcul şi la îmbunătăţirea prescripţiilor şi normativelor de proiectare.

Pe baza aceloraşi cercetări şi experimentări s-a obţinut o soluţie remarcabilă prin realizarea din beton armat centrifugat a cadrelor de susţinere a conductoarelor din staţiile exterioare de 110, 220 şi 400 kV. Se menţionează că la staţiile de 220 kV, respectiv 400 kV, ale centralelor Craiova şi Luduş, folosirea betonului armat centrifugat a permis economisirea a circa 160 tone laminate de oţel.

Dintre cele mai importante realizări în munca de cercetare tehnico-ştiinţifică din sectorul de construcţii şi montaje energetice, se citează:

— Cercetări, experimentări şi încercări de noi tipuri de stîlpi şi fundaţii pentru linii electrice aeriene, pînă la 400 kV, în vederea asimilării lor în producţie.

— Cercetări în legătură cu modernizarea, prefabricarea şi tipizarea produselor de posturi şi staţii de transformare (celule prefabricate pentru posturi, celule metalice de 6 —15 kV, post de transformare semimobil pentru şantiere, panouri de comandă şi protecţie, tipizate pentru staţii etc.).

— Cercetări şi experimentări pentru modernizarea produselor şi tehnologiei de montaj pentru lucrări energetice, cum ar fi: cleme şi armături pentru linii de 220 kV, prototipuri şi tehnologii pentru montarea liniilor de 220 şi 400 kV, tehnologia de înnădire a cablurilor de forţă cu izolaţie şi manta din PVC, îmbinarea prin presiune a conductoarelor masive din cupru şi aluminiu, studii asupra betoanelor şi tehnologiei de construcţie a stîlpilor, cercetări asupra sudurilor etc.

3. Direcţiile de dezvoltare a cercetărilor în cadrul Departamentului Energiei Electrice

Temele de cercetare efectuate în cadrul sectorului energetic au fost îndreptate spre ridicarea nivelului tehnic al instalaţiilor din sectorul energetic.

Nivelul cercetărilor realizate a crescut continuu; în prezent se poate considera că în majoritatea cazurilor cercetările au fost la un nivel tehnic superior, rezultatul acestora oglindindu-se în rezolvarea unor probleme de exploatare, în economii realizate, atît prin reducerea consumurilor specifice în centrale, cît şi prin creşterea puterii disponibile, sau prin reducerea numărului de personal datorită introducerii instalaţiilor de telemecanică şi automatizare.

Dacă la început activitatea de studii şi cercetări s-a desfăşurat mai mult sau mai puţin la întîmplare, în momentul de faţă această activitate se duce pe baza unui plan de perspectivă, în mod organizat şi care ţine seamă de necesităţile importante ale sectorului energetic.

Activitatea de cercetare în cadrul sectorului s-a dezvoltat mai lent şi din cauza muncii care a trebuit să se ducă pentru formarea cadrelor tehnico-inginereşti, necesare acestei cercetări. Formarea de cadre de specialitate este un proces lent care necesită o intensă muncă de documentare, fapt care a făcut ca iniţial lucrările de cercetare să prezinte o eficienţă tehnicoeconomică mai redusă.

Totuşi au fost unele cercetări care s-au aplicat încă de la început în sector şi care au contribuit în mod pozitiv la ridicarea nivelului tehnic al instalaţiilor energetice.

În viitor, pe baza rezultatelor obţinute pînă în prezent, cercetarea va trebui să se dezvolte în toate domeniile de activitate, pentru satisfacerea nevoilor sistemului energetic.

Astfel, va trebui adîncită problema analizei avariilor, în vederea depistării cauzelor şi a determinării măsurilor concrete ce urmează a se lua pentru evitarea lor.

Din analiza atentă a aspectelor tehnice a avariilor, sectorul de cercetare urmează să extragă problemele privind raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor cît şi îmbunătăţirea concepţie de proiectare și a metodelor folosite în construcția și montajul instalațiilor.

Va trebui dezvoltată activitatea de introducere a automatizărilor complexe și a telemecanizărilor, atît pe partea termică, cît și pe partea electrică.

La centralele hidroelectrice aval de Bicaz va trebui să se asigure o parte din utilajele de automatizare, precum și instalațiile de telemecanică.

Ridicarea siguranței în funcționarea utilajului energetic va trebui să fie în continuare o preocupare principală în special în problemele :

— comportarea și exploatarea utilajului termo- și electroenergetic ;

— reducerea defecțiunilor datorită supratensiunilor atmosferice ;

— reducerea deranjamentelor din circuitul de apă al cazanelor cu abur.

În afara acestor probleme, care sînt deja în atenția întreprinderilor din cadrul sectorului și cuprinse în planurile de lucru ale acestora, considerăm necesară extinderea preocupărilor de cercetare și asupra unor acțiuni noi, care să fie rezolvate în ansamblu pe sector ca, de exemplu :

— profilaxia izolației instalațiilor energetice de înaltă tensiune ;

— simplificarea schemelor electrice în stații în vederea reducerii costurilor de exploatare și a măririi siguranței ;

— introducerea de protecții de tip nou în rețelele de transport, ca protecția prin înaltă frecvență ;

— extinderea automatizărilor termomecanice ;

— introducerea automatizărilor complexe în termocentrale prin utilizarea calculatoarelor electronice.

Orientarea în viitor a lucrărilor de studii și cercetări în probleme de proiectare va trebui să se orienteze spre modernizarea aparaturii, utilajelor și metodelor de lucru, prin introducerea pe scară largă a metodelor nedistructive de cercetare în laborator și pe teren, folosirea izotopilor radioactivi în geotehnică, utilizarea forajelor de diametru mare în studiile de geologie și aplicarea metodelor de penetrare dinamică și statică în stabilirea capacității portante a tensiunilor de fundație, cercetarea sub nivelul apei a rezervelor din balastiere cu ajutorul utilajelor speciale, studierea celor mai moderne soluții în construcția centralelor termoelectrice, a stațiilor de transformare, a rețelelor de foarte înaltă tensiune etc.

Pentru ca cercetările elaborate să fie mai eficiente, trebuie ca unitățile din cadrul departamentului care se ocupă de aceste cercetări să țină o legătură strînsă cu industria constructoare de mașini și cu industria electrotehnică, legătură care pînă în prezent a fost mai slabă. Aceasta se datorește în mare măsură departamentului, care nu a știut să ceară acestor industrii aparatajul de care are nevoie, indicînd performanțele ridicate pe care trebuie să le prezinte acest aparataj, și nu a urmărit cu perseverență comportarea în exploatare a utilajelor fabricate în țară în vederea perfecționării lor.

O altă latură căreia pînă în prezent nu i s-a dat atenție cuvenită a fost aceea a cercetărilor în domeniul utilizării energiei electrice. În această privință vor trebui studiate condițiile realizării unor receptoare necesare consumatorilor din mediul urban și rural, prin aceasta asigurîndu-se condițiile necesare ridicării continue a nivelului de trai material și cultural al oamenilor muncii din țara noastră.

Condiția însă ca cercetarea să se desfășoare în mod fructuos este aceea a asigurării și dezvoltării unei baze tehnico-materiale și pregătirea unui personal de înaltă calificare, cu experiență ridicată în exploatare.

Introducerea tehnicii noi ridică, de asemenea, problema cadrelor calificate și pentru întreprinderile de centrale și rețele electrice, care trebuie să preia și să exploateze în bune condiții toate instalațiile noi de automatizare și telemecanică.

Baza tehnico-materială necesară cercetării, în special în acest domeniu de activitate, necesită instalații și laboratoare bine utilate, cum sînt cele în domeniul tensiunilor înalte, al termo- și hidroenergeticii etc.

Această bază materială se creează printr-o dotare corespunzătoare constînd în materiale și utilaje de laborator de performanțe foarte ridicate.

Pentru ca această bază tehnico-materială să se dezvolte cît mai rapid, trebuie ca toate unitățile din sector care au de rezolvat probleme de studii și cercetări să folosească la maximum resursele lor interne, ca prin autodotare să completeze utilajul de care au nevoie pentru efectuarea cercetărilor respective și să nu se aștepte numai la utilaje din import, care au termene de livrare în general lungi.

Avînd în vedere că în țara noastră sînt create cele mai bune condiții pentru dezvoltarea cercetărilor tehnico-științifice, va trebui ca efortul depus să fie concretizat în ridicarea nivelului de funcționare a sistemului energetic.

O atenție, însă, care va trebui să fie dată, așa cum a arătat tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej la Conferința organizației P.M.R. a orașului București, din 1964, va fi aceea ca cercetarea să aibă un caracter aplicativ și ca ea să se facă la nivelul cel mai înalt al tehnicii mondiale, fără a se irosi forțe spre descoperirea unor lucruri care în alte țări au fost deja rezolvate.

Pentru aceasta va trebui să se facă o documentare temeinică a nivelului tehnicii mondiale în domeniul cercetărilor și studiilor energetice, iar studiile și cercetările tehnico-științifice întreprinse la noi să fie la nivelul cel mai înalt al tehnicii, urmărindu-se totodată eficiența lor tehnico-economică pentru sistemul energetic național.

Construcția lucrărilor hidroenergetice

Ing. **A. Gilbert** și ing. **I. Rusmănică**
director general al Intreprinderii de construcții hidroenergetice
director tehnic al ICH

Pe lîngă producerea energiei electrice din sursa în continuă reînnoire a energiei apelor, centralele hidroelectrice asigură cantități importante de apă pentru irigații, navigație, alimentări cu apă industrială.

Singura centrală de putere mai mare care a existat în țara noastră înainte de 1944 a fost centrala Dobrești, pe Ialomița superioară, cu o putere instalată de 16 MW.

După 1944, și mai ales cu începere din 1950, problema folosirii complexe a resurselor de apă a început să fie analizată și rezolvată pe ansamblul economiei naționale. Planul de electrificare, alimentările cu apă a noilor obiective industriale de mare perspectivă, planurile de irigare a unor suprafețe din ce în ce mai mari au condus la proiectarea și executarea unor lucrări hidrotehnice importante.

Prima lucrare nouă a fost centrala Moroeni, tot pe Ialomița, ca treaptă imediat inferioară centralei Dobrești, cu care are multe asemănări. Ea a fost realizată între anii 1950 și 1953.

Adevărata școală de realizare a construcțiilor hidrotehnice și prima lucrare de mare amploare din țară a fost însă barajul de la Bicaz și centrala hidroelectrică „V. I. Lenin", cu o putere instalată de 210 MW. Această lucrare, preconizată cu zeci de ani în urmă, s-a realizat între anii 1950 și 1960 și constă dintr-o acumulare de 1,23 miliarde m^3, un baraj de greutate din beton de 127 m înălțime, o aducțiune de 4,8 km lungime și 7 m diametru interior, un castel de echilibru, două conducte forțate de 4 m diametru, creînd o cădere maximă de 146 m, o centrală hidroelectrică echipată cu șase agregate și canalul de fugă prin care apele Bistriței se reîntorc în rîu.

La data începerii lucrărilor nu exista în țară decît un număr foarte mic de cadre specializate în lucrări hidrotehnice, ceea ce a impus formarea de noi cadre în cadrul întreprinderii înființate în scopul realizării centralei.

Experiența cîștigată de constructori la Bicaz și cadrele formate la acest mare șantier, pe de o parte, iar pe de altă parte planificarea unui număr mai mare de lucrări hidrotehnice de proporții pe alte rîuri interioare au condus la transformarea organizației de la Bicaz în Întreprinderea de construcții hidroenergetice din cadrul Ministerului Minelor și Energiei Electrice, care execută și va executa amenajările hidroelectrice și alimentările cu apă a marilor obiective industriale din întreaga țară.

Prima sarcină care a revenit acestei noi întreprinderi a fost trecerea la execuția hidrocentralelor pentru folosirea acumulării de la Bicaz, la amenajarea întregului sector aval al Bistriței, în lungime de 75 km, cu o cădere totală de 230 m, împărțită în 12 trepte.

În 1959 —1960 au fost atacate trei din aceste trepte, și anume: Pîngărați, Roznov I și Roznov II; în 1961 alte patru trepte: Vaduri, Piatra-Neamț, Zănești și Costișa, iar în 1963 ultimele cinci: Buhuși, Racova, Gîrleni, Bacău I și Bacău II.

Simultan cu îmbunătățirea metodelor de construcție, proiectarea barajelor a făcut progrese, adoptînd cu curaj tipuri mai economice, cum sînt barajele în arc de pe Sadu (Negovanu, de 62 m) și pe Cerna (Teliuc, de 48 m); barajele cu contraforți și ciuperci, ca cele de pe Bîrzava (Secul, de 40 m) și pe Firiza (Strîmtori, de 51 m), toate realizate în perioada 1958—1964 de aceeași întreprindere.

Desigur că proiectul cel mai îndrăzneț și execuția cea mai îngrijită o impune barajul de la Argeș, în arc, de mare zveltețe și avînd o înălțime de 165 m, care îl situează printre cele mai înalte baraje din lume de acest fel (la ora actuală este al cincilea din Europa și al nouălea din lume).

Acumulările de pe Argeș și de pe rîurile vecine, pe care se vor amenaja captări secundare (Rîul Doamnei, Baciu, Cernat, Vîlsan, Topolog), vor conduce la realizarea uzinei subterane „16 Februarie"-Argeș, avînd 220 MW instalați, și la posibilitatea amenajării unor trepte în aval și amonte.

Varietatea de tipuri de baraje se întîlnește și la celelalte categorii de lucrări din cadrul complexelor hidroenergetice. Galerii de aducțiune, în formațiuni geologice dintre cele mai variate, cu diametre între 2 și 7 m, castele de echilibru de mari înălțimi și mari diametre, conducte forțate cu diametre între 1 și 4 m pe mari diferențe de nivel, centrale hidroelectrice la suprafață și subterane, canale de mari dimensiuni, lucrări de etanșare și injecții de adîncime formează tot atîtea probleme și realizări ale constructorilor hidrotehnicieni.

Deschiderea lucrărilor complexului hidrotehnic de pe Dunăre, la Porțile de Fier, cu un baraj-centrală avînd peste 2 milioane kW instalați, reprezintă un efort deosebit și va reprezenta una dintre cele mai mari realizări pentru creșterea economiei noastre naționale.

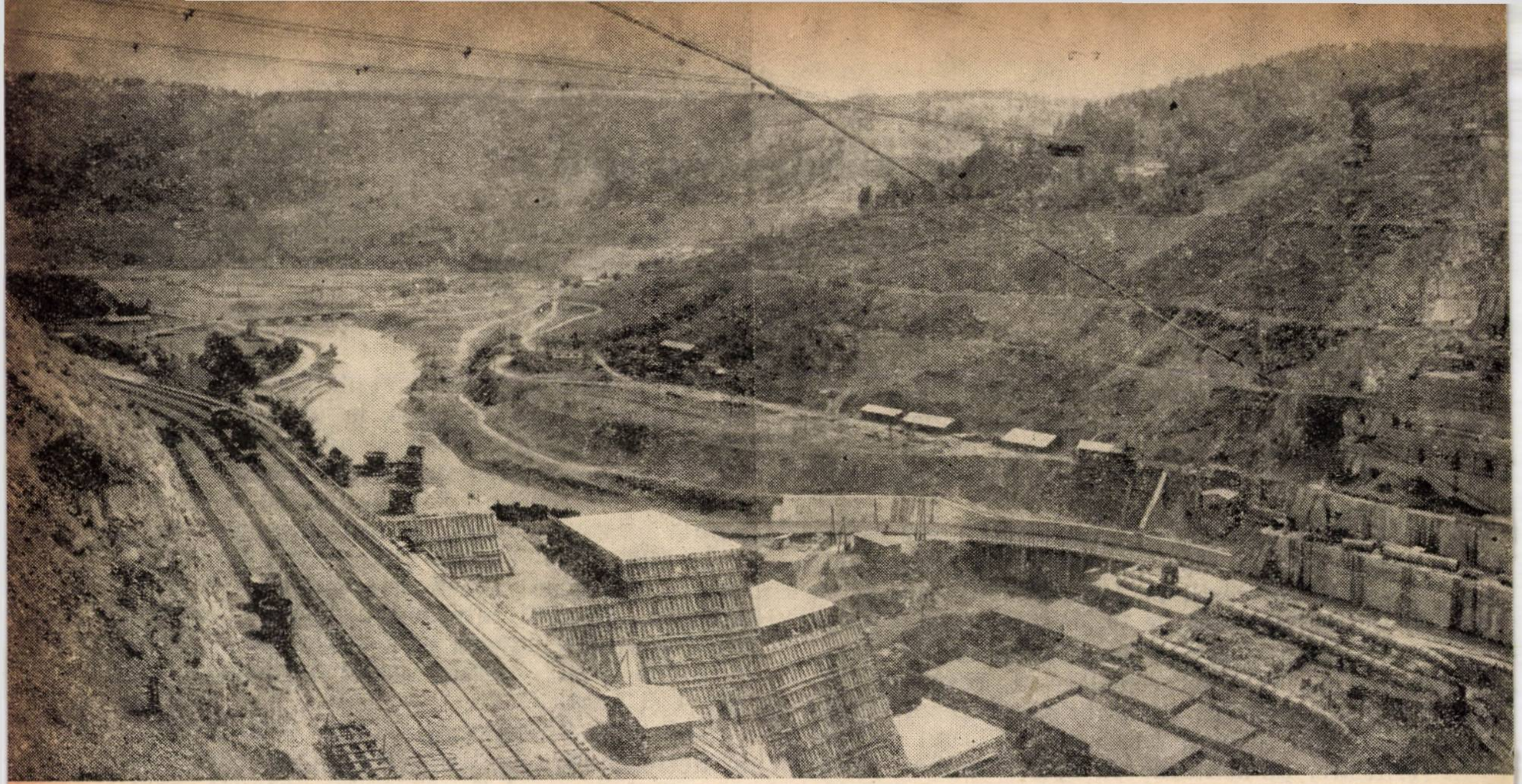


Fig. 1. Bicaz. Căi de beton armat; malul drept și barajul în betonare.

Constructorii vor trăi, la executarea acestei lucrări, ritmul celor mai mari lucrări de acest fel din lume.

Din experiența acumulată de întreprinderea de construcții hidroenergetice se degajă o serie de învățăminte privind organizarea generală a șantierelor hidrotehnice de mari proporții.

Alegerea metodei de execuție, a utilajelor necesare, a organizării șantierelor de la baraje, a duratei execuției acestora depinde de factori următorii:

- tipul barajului și volumul de lucrări;
- topografia amplasamentului și accesul la el;
- înălțimea barajului și deschiderea văii;
- utilajele disponibile și capacitatea lor;
- pauzele tehnologice prevăzute în proiect;
- posibilitățile de aprovizionare cu materiale;
- buna organizare și funcționare a execuției.

a) Cel mai înalt baraj din țară, realizat pînă în prezent, este cel de la Bicaz, pe Bistrița, baraj de greutate din beton, avînd următoarele caracteristici:

— înălțimea maximă de construcție	127 m
— lungimea la coronament	435 m
— lățimea blocurilor nedeversoare la bază	115 m
— lățimea blocurilor deversoare la bază	119 m
— grosimea blocurilor	15 m
— volumul barajului	1 625 000 m^3

Barajul este fundat pe roci sedimentare (gresii de Tarcău), intercalate cu șisturi argiloase și un strat de conglomerate. În ampriza barajului, terenul prezintă o fisurație puternică, datorită unor falii cu deplasări. Din această cauză s-au executat peste 50 000 m foraje și injecții pentru consolidarea rocii de bază cu adîncime între 10 și 20 m.

În scopul reducerii infiltrațiilor, sub piciorul amonte al barajului s-a executat un voal de etanșare format din trei rînduri de foraje și însumînd peste 50 000 m (cu circa 60 kg ciment/m).

Evacuarea apelor mari se face peste un deversor cu patru deschideri de 11,5 m, prevăzute cu stavile-segment de 6 m înălțime, și prin patru goliri de fund cu diametrul de 2,5 m, închise fiecare cu cîte două vane-ochelari dispuse în serie.

Barajul este executat din 30 blocuri a 15 m grosime, etanșate între ele cu o pantă din beton armat și o tolă de cupru, în formă de omega, de 2 mm grosime.

Betonul turnat este de trei tipuri, cu dozaje cuprinse între 175 și 270 kg ciment/m^3 și agregate pînă la 120 mm. Cimentul cu căldură de hidratare redusă utilizat a fost de tip alitic la paramentul amonte (65 cal/g la 7 zile) și de tip belitic cu adaos inert, cel mult 20% în corpul barajului (45 cal/g la 7 zile).

Cimentul a fost furnizat de fabrica de la Bicaz, construită în acest scop, iar agregatele au fost cu granulometrie continuă, extrase prin hidromecanizare, cu ajutorul a trei drăgi refulante de tip 20 NZ, din balastiera Poiana-Cîrnu, situată la 1,5 km amonte de baraj. O instalație hidraulică a separat fracțiunile pînă la 15 mm de cele mari și a asigurat spălarea acestora.

Prepararea betonului s-a făcut într-o fabrică pe malul stîng, cu o capacitate de 4 000 m^3/zi, prevăzută cu instalații de transport, concasare, sortare și depozitare, instalații pentru răcirea apei, nisipului, pietrișului și cimentului. O centrală termică a asigurat în timpul iernii o temperatură a betonului proaspăt de +12°C.

Pe durata execuției, betonierele fixe cu care era echipată inițial fabrica s-au dovedit necorespunzătoare pentru a asigura randamentul prevăzut. Ele au fost înlocuite, la inițiativa constructorului, cu betoniere basculante de mare capacitate. În acest scop s-a adus o serie de modificări în instalațiile mecanice și electrice ale fabricii.

Cu modificările aduse, fabrica a devenit o instalație adecvată scopului și, din această cauză, împărțită pe secții, a dat randamente corespunzătoare acolo unde a fost necesar.

Betonul proaspăt s-a transportat în bene de 6,4 m³, așezate pe vagoane-platformă de 50 t, tractate de locomotive Diesel pe o cale ferată normală cvadruplă, pînă la baraj, de unde benele au fost preluate de trei macarale-funicular de 20 t capacitate și transportate la locul de punere în operă.

Înălțimea lamelelor de turnare a fost de 2 m.

Compactarea betonului s-a executat cu pervibratoare de mare frecvență (10 000 rot/min) și un debit de 60 m³/h.

Construirea barajului s-a făcut în anii 1956 — 1960. Producția maximă a fost 654 000 m³ anual, 70 000 m³ lunar și 3 700 m³ zilnic.

b) Barajul Negovanu, pe rîul Sadu, s-a executat în anii 1958 —1961. Împreună cu barajul Teliuc, pe Cerna, sînt cele mai înalte baraje în arc din țară, pînă la depășirea lor de barajul de la Argeș.

Caracteristicile barajului în arc Negovanu sînt:

— înălțimea barajului	62 m
— lățimea la coronament în secțiunea maestră	3,5 m
— lățimea la bază în secțiunea maestră	19 m
— raza medie la coronament	78 m
— unghiul la centru	110°

Barajul s-a executat din 13 ploturi de 12 m grosime, în afară de ploturile extreme, groase de cîte 10 și 17 m. Între ploturile centrale s-au lăsat rosturi de contracție radiale de 1 —1,5 m lățime, care s-au betonat și injectat ulterior. Volumul de beton a fost de 48 000 m³.

Apele mari sînt evacuate peste deversorul central, avînd cinci deschideri de 5,56 m și o golire de fund de 1 m diametru, închisă cu o vană-fluture și una conică.

Barajul s-a fundat pe roca sănătoasă la 5—7 m adîncime. Pentru etanșeitate s-a făcut un voal de injecții pe tot conturul barajului, prin două rînduri de foraje verticale, dispuse în șah la circa 2,5 m.

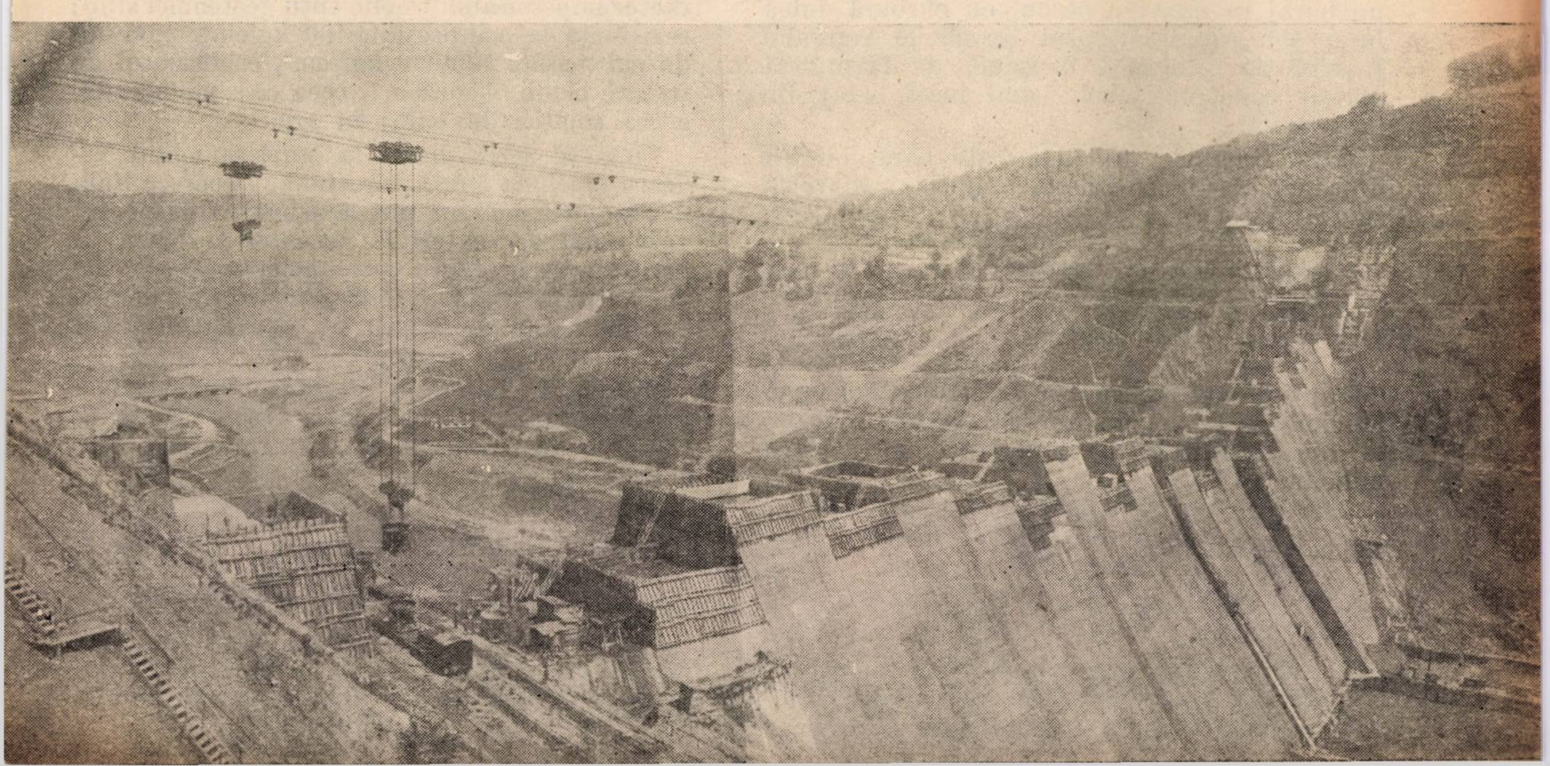
Prepararea betonului s-a executat într-o fabrică semiautomatizată, cu două betoniere de 1 200 l. Capacitatea de producție a fabricii a fost de 20 m³/h. Programul maximal a fost de 4 000 m³/lună și 300 m³/zi.

Punerea în operă a betonului s-a efectuat cu două macarale „23 August”, care circulau pe o estacadă de lemn, amplasată imediat în aval de baraj. Cele două macarale puteau pune în operă un cubaj de 16 m³/h. Înălțimea lamelelor de turnare a fost de 1,50 m.

Piatra brută s-a exploatat din apropiere și a fost adusă cu vagonete tractate pînă la stația de concasare, dotată cu două concasoare A 6, cu o capacitate de 14 m³/h (sortul 7 —80 mm). Pietrișul rezultat s-a transportat cu benzi transportoare la cele patru silozuri de cîte 200 m³ fiecare (7 —30 mm, 30 —50 mm și două pentru 50 —80 mm).

Nisipul s-a adus de la balastiera Sebeș-Olt pînă la Pîrîul Secării, pe calea ferată forestieră. Apoi, pe un plan înclinat, s-a ridicat la depozitul din șeaua Negovanu, de 4 000 m³ capacitate. Din depozit, nisipul a fost transportat pe drumul de coastă pînă la cel de-al cincilea siloz, tot de 200 m³, în care se încărca.

Fig. 2. **Bicaz.** Betonarea.



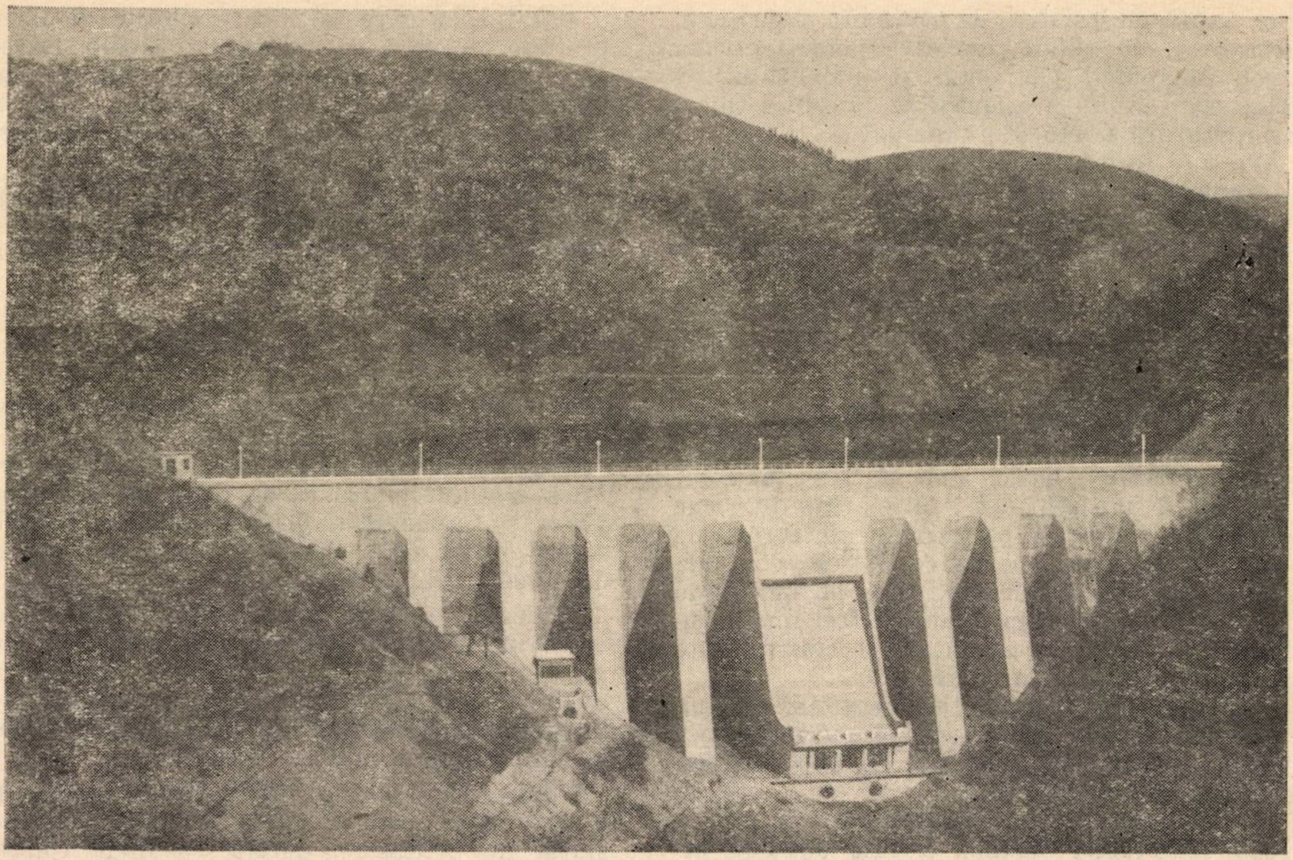


Fig. 3. Barajul Secul. Vedere generală din aval spre amonte cu deversorul-sifon.

Cimentul a fost transportat de la silozurile din gara Tîlmaci pînă la silozul de lîngă fabrica de beton. Capacitatea silozurilor de la Tîlmaci a fost de 700 t, iar a celui de la baraj de 300 t.

c) Pentru alimentarea cu apă industrială a unor mari consumatori, s-au creat acumulări de apă, pe rîuri cu debite insuficiente în anumite perioade ale anului. Dintre acestea sînt de menționat barajul Strîmtori, pe rîul Firiza (pentru unitățile din Baia Mare) precum și barajul Secul, pe rîul Bîrzava (pentru Reșița).

d) Barajul Vidraru, pe Argeșul superior, este un baraj în arc, din beton, cu curbură dublă în spațiu. Amplasamentul din cheile Argeșului și situația geologică deosebit de favorabilă permit construcția celui mai înalt baraj din țara noastră.

Caracteristicile principale ale barajului Vidraru, a cărui construcție a început în 1963, sînt următoarele :

— înălțimea în secțiunea maestră	165 m
— lățimea maximă la bază	25 m
— lățimea la coronament	6 m
— lungimea coronamentului	307 m

Barajul creează un lac de acumulare cu o lungime de 11 km și un volum de 465 milioane m^3 de apă, din care volumul util este de 320 milioane m^3.

Volumul de lucrări care trebuie executate este :

— excavații în stîncă și teren tare	310 000 m^3
— betoane	520 000 m^3
— suprafața cofrată	120 000 m^2

Pentru înlăturarea efectelor contracției, barajul se execută în 22 ploturi de circa 14 m lungime, cu rosturi de contracție.

Barajul este amplasat în zona ortogneisului, cu caracteristici apropiate de ale granitului. Șistuozitatea este orientată est-vest și are caracter impermeabil. Coeficienții geotehnici sînt : rezistența la compresiune 60 kg/cm^2, modulul de elasticitate 130 000 kgf/cm^2, coeficientul de frecare beton — rocă 0,7, ceea ce a permis alegerea soluției de baraj în arc.

Singurul acces direct la amplasamentul Vidraru era linia ferată forestieră. Deoarece linia ferată forestieră nu putea asigura transportul volumului de materiale necesare la baraj în perioada de betonare, s-a amenajat o șosea pe versantul drept, între Cetățuia și coronamentul barajului, cu un traseu de coastă definit, și multe lucrări de artă.

Sursele de materiale situate în aval sînt :

— agregatele din balastiera Oești, situată la 13,5 km de baraj, numai pentru principalele obiecte ale amenajării ;

— cimentul și celelalte materiale (oțel, laminate etc.) sînt aduse pe calea ferată de la Brașov și alte orașe pînă la Curtea de Argeș, unde cimentul se descarcă într-o stație transbordoare, prevăzută cu opt silozuri de 500 t fiecare, cu magazii și platforme de depozitare. Din stația de transbordare, cimentul se transportă cu autocisterne în silozurile fabricii, iar celelalte materiale cu autocamioane sau pe calea ferată forestieră ;

— lemnul de construcție se aprovizionează în cea mai mare parte din regiune.

Pentru betonare s-a executat complexul instalațiilor de betonare, pe malul drept, la cota coronamentului barajului. Complexul de betonare cuprinde :

— sistemul de alimentare compus din stația de recepție a agregatelor provenite din stația de sortare Oești :

— 16 silozuri construite din elemente prefabricate din beton, în care se poate depozita o cantitate de circa 5 000 m^3 agregate sortate. Transportul între stația de recepție și silozuri și de la silozuri la instalațiile de malaxare se face cu un sistem de benzi transportoare de cauciuc ;

— sistemul de alimentare cu ciment este constituit din stația de recepție a cimentului și din patru silozuri a cîte 500 t fiecare. O grupă de două silozuri are cîte două elevatoare, și anume : unul pentru încărcarea silozului și altul pentru transportul cimentului din siloz în fabrica de beton ;

— stația de malaxare, formată din două secții (jumătate din fabrica de la barajul Bicaz), fiecare cu cîte patru betoniere a 1 500 l. Capacitatea teoretică maximă a celor două secții de malaxare este de 2 000 $m^3/24$ h.

Pentru betonarea barajului Vidraru se folosesc două macarale-funicular.

Dozajul betonului de baraj este de 265 kg ciment/m^3. Cimentul folosit este un ciment special cu căldură de hidratare redusă (alitic), produs de fabrica ,,Temelia'' din Brașov, după un caiet de sarcini special.

Betonul se toarnă în baraj în lamele de 2 m înălțime. Vibrarea se face cu vibratoare Noetz de mare capacitate, aceleași întrebuințate și la Bicaz.

Pentru înlăturarea fenomenelor produse de temperaturile ridicate care se nasc în masa betonului în timpul întăririi lui, s-a prevăzut răcirea lui după turnare printr-o rețea de țevi înglobate în beton, prin care circulă apă adusă prin pompare din Argeș de la o stație de pompare situată la nivelul Argeșului. Diametrul țevilor de răcire este de 27 mm, cu pereții groși de 1 mm.

Avînd în vedere că în anotimpul călduros temperatura betonului proaspăt descărcat pe lamelă nu trebuie să depășească 14°, s-a prevăzut și executat o instalație pentru răcirea componenților betonului (cimentul, nisipul și apa) prin răcire cu apă, a cărei temperatură este scăzută într-o stație frigorifică, dotată cu trei compresoare de cîte 240 000 kcal/h. Nisipul este răcit în silozurile de agregate cu ajutorul unei rețele de conducte de oțel, prin care circulă apa răcită. Cimentul este răcit în două tambure speciale, în care circulă apa răcită în contracurent.

Pentru betonare pe timp friguros, între +5 și —10° (sub —10° betonarea se întrerupe), s-a instalat o centrală termică cu ajutorul căreia se încălzește nisipul și apa ; tot cu aburul produs se tratează lamelele înainte și după betonare.

În afară de barajele din beton, s-au executat și s-a început executarea unor baraje din anrocamente și din pămînt, avînd o înălțime mai mică, însă un volum mare de lucrări.

Sînt atacate barajele din anrocamente de la Berdu, pe rîul Firiza, la 300 m aval de barajul Strîmtori, și barajul Mesteacănu, pe Oltul superior, la 2 km amonte de exploatarea minieră Bălan. Primul are o înălțime de 14 m, cel de-al doilea de 18 m. Înclinarea paramentelor amonte și aval este de circa 1 :1,4. Pentru asigurarea etanșării, în amonte, se prevăd măști din plăci de beton armat cu rosturi din tablă de cupru.

Execuția barajelor de acest tip se face cu piatră brută avînd greutatea pînă la 50 —80 kg, cu un amestec de piatră de diametre mari și mici, în vederea realizării unui volum de goluri cît mai mic. În cazul că piatra furnizată nu are un amestec corespunzător, sînt necesare operații suplimentare de omogenizare și compactare.

În 1964, Întreprinderea de construcții hidroenergetice a început lucrările de amenajare a Văii Jiului în zona Rovinari, unde urmează să se construiască un baraj de pămînt compactat, în vederea reținerii apelor Jiului și a devierii lor pe un canal lateral, cu o capacitate de scurgere de 700 m^3/s. Prin această lucrare se ferește de inundație exploatarea carboniferă de suprafață de la Rovinari.

Folosirea barajelor din anrocamente și din pămînt, realizate cu utilaje de mare productivitate, reprezintă soluții economice, cu consum redus de materiale de construcții, fiind indicate pentru zonele inferioare ale rîurilor, în regiuni de cîmpie sau podiș, așa cum se vor dezvolta lucrările hidrotehnice necesare pentru irigații în agricultură.

Din lacurile de acumulare care se formează în spatele barajelor, în afară de cazul cînd centrala este instalată chiar în corpul barajului, apele sînt conduse la centrale fie prin tunele, fie prin canale de aducțiune. De asemenea, apele trecute prin turbine se evacuează fie printr-o galerie, fie printr-un canal deschis.

La centrala hidroelectrică ,,V. I. Lenin''-Bicaz, aducțiunea constă dintr-un tunel de bază sub presiune, care străbate muntele Boto-

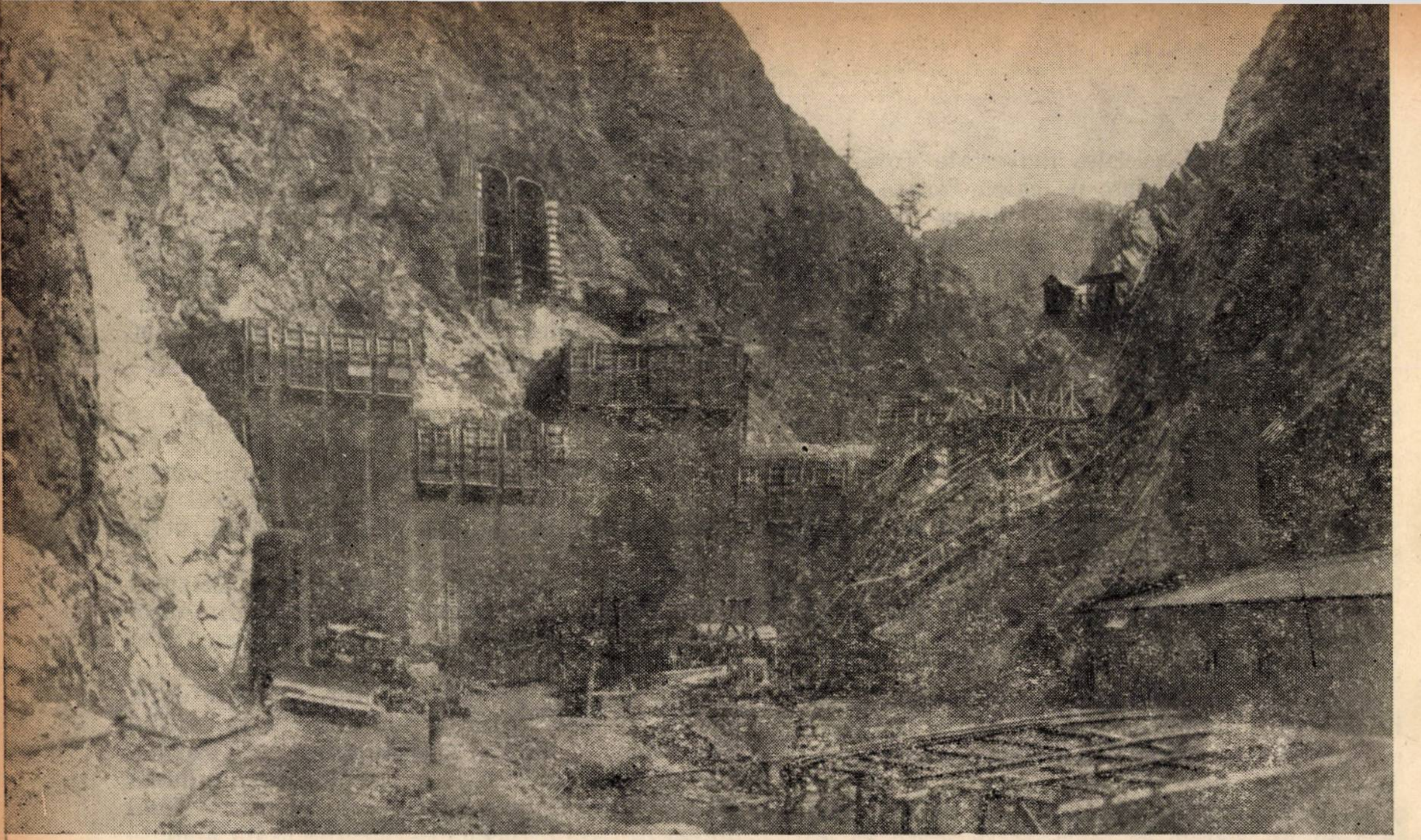


Fig. 4. Argeş. Cofrarea lamelelor; cofraje căţărătoare.

şanu între priza de apă, situată la Poiana-Cîrnu, şi nodul de presiune, situat lîngă localitatea Stejaru.

Caracteristicile principale ale acestui tunel de aducţiune sînt următoarele:

— lungimea tunelului de la sfîrşitul prizei pînă la începutul piesei-pantalon	4 655 m
— diametrul interior	7 m
— debitul instalat	178 m^3/s
— viteza medie la debitul instalat	4,64 m/s
— panta medie pe primii 4 423 m	1,917 $^0/_{00}$
— panta pe ultimii 232 m	15 $^0/_{00}$
— presiunea hidrostatică	5,50 at (la priză) şi 8 at (la intrarea în conducta forţată)

Condiţiile geotehnice (roci marno-calcaroase cu tendinţă de umflare în contact cu aerul şi apa), hidraulice şi posibilităţile de execuţie au determinat soluţia constructivă a acestui tunel de aducţiune. Astfel, tunelul s-a proiectat şi executat cu o căptuşeală formată din două inele concentrice din beton, şi anume:

a) Inelul exterior din beton simplu, care are rolul de a prelua împingerea muntelui şi umflarea rocilor, precum şi de a permite execuţia în bune condiţii a inelului interior. Grosimea la cheie a inelului exterior nu este constantă în lungul tunelului, ci este variabilă, ea fiind determinată funcţie de coeficientul de rezistenţă elastică şi de coeficientul de tărie a rocilor, stabiliţi după deschiderea galeriei de bază, care a servit în acelaşi timp şi ca galerie de prospecţiune geologică. În acest fel s-au proiectat şi executat inele exterioare cu grosimea la cheie variind între 0,8 şi 1,6 m.

Inelul exterior este în formă de potcoavă, cu boltă circulară şi picioare drepte, fiind închis la partea inferioară cu un radier circular cu grosimea de 1 m.

b) Inelul interior din beton armat, cu diametrul liber de 7 m, care are rolul de a prelua presiunea interioară a apei. Inelul interior are secţiunea circulară, grosimea betonului variind între 0,7 şi 1,45 m, în funcţie de diametrul interior al inelului exterior. Armarea inelului interior s-a făcut cu două plase din oţel-beton OL 38, respectiv una exterioară şi alta interioară, aşezate pe conturul exterior, respectiv interior al inelului.

c) Zona blindată. Pe ultimii 424 m, pentru a asigura o impermeabilizare totală a cămăşuielii, în scopul de a evita infiltrarea apei în versantul din zona nodului de presiune, tunelul este blindat cu tolă metalică de 16 mm grosime. Tola este ancorată în betonul inelului interior pentru evitarea fenomenului de voalare.

d) Injecţiile de umplere, control şi intramurale. Pentru a se asigura conlucrarea cămăşuielii exterioare cu roca, s-au prevăzut şi executat injecţii de umplere în spatele cămăşuielii, şi anume în calota superioară a acesteia, realizîndu-se astfel un contact intim între beton şi rocă, prin umplerea eventualelor goluri, care rămîn în spatele cămăşuielii de beton, precum şi prin mărirea calităţilor de rezistenţă a rocii care înconjură tunelul. Injecţiile de umplere s-au executat cu mortar de ciment în diverse dozaje în volume (ciment, nisip, apă) 1 : 3 :1, 1 : 2 : 1 și 1 : 1 : 1, în funcție de absorbția de apă, iar injecțiile de control s-au executat cu lapte de ciment.

Injecțiile intramurale s-au executat între cele două cămășuieli în scopul de a umple eventualele goluri sau spații libere, asigurînd astfel conlucrarea statică a celor două inele de beton. Injecțiile intramurale s-au executat cu lapte de ciment în dozaj (ciment, apă) 1 : 2.

Față de condițiile geologice întîlnite și de necesitatea de a se putea realiza o cămășuială interioară din beton armat capabilă să preia eforturile de tensiune din presiunea apei, excavarea profilului tunelului s-a făcut prin metoda anterioară. Această metodă s-a dovedit, în baza experienței cîștigate la executarea tunelelor de cale ferată din țară, a fi cea mai potrivită, fiind indicată în cazul rocilor fisurate, al pămînturilor moi și mai ales atunci cînd consistența și comportarea rocilor se modifică esențial sub acțiunea aerului și a apei, dezvoltînd presiuni mari.

Excavarea profilului s-a făcut după următorul ciclu și faze de execuție :

— excavarea galeriei de bază direcționale, situată în axul tunelului ;

— excavarea suitorilor și șuberelor ;

— excavarea galeriei superioare ;

— lărgirea excavației din galeria superioară, respectiv excavarea calotei mici și a calotei mari ;

— excavarea strasului mic și strasului mare ;

— betonarea fundației picioarelor drepte ;

— betonarea în faze a picioarelor drepte și a bolții ;

— excavarea și betonarea radierului.

Lucrările la tunel au început cu excavarea galeriei de bază la 1 august 1951 la capătul dinspre priză și la 20 august același an la capătul dinspre centrală, avansînd pînă la data de 11 decembrie 1955, cînd galeriile de bază de la cele două capete s-au întîlnit.

Excavarea la profil complet s-a făcut pe porțiuni lungi de cîte 8 m fiecare, neadiacente între ele.

După excavarea inelului, s-a procedat la betonarea cămășuielii exterioare. Aceasta a început cu betonarea fundațiilor drepte, trecîndu-se apoi la betonarea bolții și a cheii, ulterior turnîndu-se radierul pe porțiuni mai mari. În zonele cu presiuni foarte mari s-a excavat și betonat întîi radierul, pentru a se crea un reazem puternic pentru sprijinirea excavației în abataj. În general, betonarea s-a făcut în straturi de cîte 20—30 cm grosime, compactate cu ajutorul vibratoarelor.

Cămășuiala exterioară fiind terminată, a urmat execuția cămășuielii interioare, care constituie tunelul hidrotehnic propriu-zis. Scopul acestei cămășuieli este de a rezista, în timpul exploatării, la presiunea apei și de a asigura o etanșeitate cît mai bună și un minim de rugozitate în funcțiune.

Deoarece execuția cămășuielii interioare trebuia făcută într-un timp relativ scurt și în cele mai bune condiții s-a prevăzut și realizat execuția ei în mod mecanizat.

Pentru mecanizarea lucrărilor de betonare s-a proiectat și executat la noi în țară un grup de instalații care să răspundă acestui scop, denumite cadre metalice de betonare, care se deplasau în lungul tunelului pe o cale specială de rulare, de pe care s-au executat operațiile necesare, precum și cofraje metalice speciale.

Ținînd seama că pe o anumită perioadă de timp lucrările de la cămășuiala interioară se suprapuneau peste cele de la cămășuiala exterioară, cadrele instalației de betonare mecanizată a inelului interior s-au proiectat și executat în așa fel încît să permită circulația pe sub ele.

Calitatea lucrărilor de betonare a inelului interior s-a considerat a fi foarte bună, rezistențele obținute pe cuburile de probă fiind peste marca cerută, iar suprafața intradosului a reieșit suficient de netedă, astfel că s-a renunțat la stratul de torcret prevăzut inițial a se executa, realizîndu-se, pe lîngă o scurtare a termenului de execuție a tunelului, și importante economii.

Realizarea tunelului de aducțiune a centralei hidroelectrice ,,V. I. Lenin'' a comportat următoarele volume de lucrări principale :

— excavații	590 000 m^3
— beton simplu în inelul exterior	276 100 m^3
— beton armat în inelul interior	126 200 m^3

Rezultă că s-au executat în medie 127 m^3 excavații, 59 m^3 beton simplu și 27 m^3 beton armat pe metru liniar de tunel.

Aceste cantități de lucrări s-au realizat cu următoarele consumuri totale de materiale principale :

— lemnărie rotundă de rășinoase	85 000 m^3
— lemnărie ecarisată de rășinoase	32 000 m^3
— dinamită	306 000 kg
— fitil	1 380 000 m
— ciment	148 000 t
— oțel-beton	14 450 t
— nisip	194 000 m^3
— pietriș	312 000 m^3

ceea ce reprezintă următoarele consumuri pe metru liniar de tunel :

— lemnărie rotundă	18,2 m^3/m
— lemnărie ecarisată	6,8 m^3/m
— ciment	31,7 t/m
— oțel-beton	3,1 t/m ;
— nisip	41,6 m^3/m
— pietriș	67,0 m^3/m

Construcția centralei hidroelectrice ,,16 Februarie''-Argeș comportă execuția unor tunele în lungime totală de circa 42 km, și anume :

— Galeria de aducțiune principală, care aduce apa din lacul de acumulare la nodul de presiune, în lungime de 2,3 km, cu un diametru interior de 5,15 m. Excavarea acestei galerii nu a pus probleme speciale, putîndu-se executa la secțiune plină cu ancorarea locală a tavanului, dat fiind calitatea rocii străbătute (gneis ocular, cu excepția unei zone de 200 m lungime constituită din paragneise biolitice și amfibiolitice).

Este în curs de execuție cămășuiala din beton armat de 30 —50 cm grosime, care se realizează cu cadre metalice, mult simplificate față de cele întrebuințate la Bicaz și cu cofraje metalice. În zona de joncțiune cu casa vanelor, precum și în apropierea nodului de presiune, este prevăzut un blindaj din tole metalice de 15 mm grosime.

— Galeria de aducțiune Topolog — Cumpăna, prin intermediul căreia se aduc prin scurgere liberă apele captate din Topolog, în lacul de acumulare, în lungime de 7,6 km cu secțiunea în formă de potcoavă variind între 5,6 și 7,3 m^2. Roca, în afară de porțiunea de la intrarea dinspre Topolog, a permis o execuție la secțiune plină cu ușoare ancorări. S-au realizat înaintări de 4 —4,5 m/zi în medie la ambele capete. Se va betona numai radierul și la secțiune completă, incidental, în zonele de fisură.

— Galeria de aducțiune Doamnei care colectează apele rîului Doamnei și ale afluenților acestuia (Drăghina Mare, Bradului, Cernat, Vîlsan și Dobroneagu). Această galerie are o lungime de 19 km și secțiuni variabile circulare cu diametrul între 2,75 și 3,25 m.

Deși traseul acestei galerii străbate formațiuni geologice de origine cristalină, se întîlnesc totuși zone puternic tectonizate, care produc mari greutăți în execuție, cu atît mai mult cu cît infiltrațiile de apă sînt foarte puternice. Galeria, funcționînd sub presiune, se betonează pe toată lungimea ei cu cofraje de lemn căptușite cu tablă. Grosimea căptușelii de beton este de 15 cm în roca sănătoasă și de 25 cm în roca tectonizată.

Execuția se face prin opt fronturi de atac, din care două prin puțul Vîlsan. Sprijinirea se face în general cu cintre metalice, bandajate cu lemn semirotund; sprijinirea clasică numai cu lemn se face în zonele de surpături.

— O galerie de aducțiune de circa 1 km, care aduce în lacul de acumulare apele captate pe Valea lui Stan. Execuția acestei galerii în roci cristaline nu a pus probleme speciale.

— O galerie de aducțiune de circa 500 m, care aduce în lacul de acumulare apele pîrîului Limpedea.

— Un tunel în lungime de 11,1 km, cu diametrul interior de 5,15 m, prin care se restituie apa, prin scurgere liberă.

Caracteristic pentru execuția acestei galerii este situația geologică deosebită a rocilor pe care le străbate. Începînd de la centrală, pe o porțiune de 300 m, galeria este situată în șisturi cristaline, trecînd apoi în roci sedimentare pe tot restul traseului.

Primul sector străbătut în rocile sedimentare îl constituie conglomeratele eocene pe o lungime de 358 m și gresiile eocene pe o lungime de 750 m.

Al doilea sector străbătut în rocile sedimentare îl constituie complexul de marne eocene pe o lungime de 3 460 m. Aceste roci au caracteristica de a manifesta presiuni de umflare. Stratificația aproape orizontală permite în bună parte excavarea la secțiune plină. În zonele de dislocații și straturi grezoase apar gaze inflamabile.

Al treilea sector străbutut de galeria de fugă îl constituie argilele oligocene pe o lungime de 3 875 m. Aceste roci sînt cele mai slabe de pe traseul galeriei de fugă, manifestînd puternice presiuni de umflare în contact cu aerul și apa, după excavare. Și în acest sector apar gaze inflamabile.

Al patrulea sector, în lungime de 1 470 m, străbate gresiile ghipsifere acvitaniene.

Ultimul sector, în lungime de 772 m, este constituit din conglomerate și nisipuri burdigaliene.

Execuția acestei galerii prezintă greutăți neîntîlnite pînă în prezent în țara noastră la construirea de tunele și, după părerea specialiștilor străini, chiar din Europa. Aceasta se datorește în principal presiunilor excepțional de mari din cauza umflării rocii, în special în zona argilelor oligocene, cu atît mai mult cu cît pe unele porțiuni sînt și emanații de gaze.

Inițial, atacarea acestui tunel s-a făcut prin patru puțuri amplasate la Cetățuia, Aref, Corbeni și Rotunda, printr-o galerie de atac înclinată la Varnița și de la zi la punctul de debușare Oești. Datorită condițiilor grele, care nu permit realizarea avansamentelor inițial planificate, a fost necesar, pentru înscrierea în termenele de dare în funcțiune ale amenajării, să se introducă încă două puțuri, la Sterescu, între Corbeni și Rotunda, și Valea Mătușii, între Rotunda și Oești, adică în zona argilelor oligocene.

În zona cristalină, excavația s-a putut face la secțiune plină, cu susținerea bolții prin ancore și plasă de sîrmă. În zona de conglomerate și marne, execuția se face cu metoda austriacă simplificată. Pe restul traseului s-a mers cu metoda austriacă clasică. Pentru porțiunea argilelor oligocene, se studiază modificarea metodei de execuție, astfel încît să se reducă consumul de lemn și manoperă și să se realizeze un ritm de avansare mai ridicat. Execuția galeriei în această zonă constituie o problemă a cărei rezolvare optimă nu este încă găsită, cu toate că s-au consultat atît specialiștii din țară cît și specialiști din străinătate.

Betonarea se execută mecanizat, cu un sistem de cadre și cofraje metalice, cu o singură cămașă de beton, în porțiunile cu rocă mai bună, și cu două cămăși de beton, din care cea exterioară, executată cu metode manuale, iar cea interioară, puternic armată, se execută mecanizat cu acelaşi sistem de cadre.

Acolo unde condiţiile geografice şi schemele de amenajare permit, aducţiunile şi evacuările apelor se rezolvă prin canale. Primul canal executat de Întreprinderea de construcţii hidroenergetice a fost canalul de fugă de la centrala hidroelectrică „V. I. Lenin"-Bicaz, în lungime de 1 150 m şi dimensionat ca să evacueze un debit de vîrf de 178 m^3/s. Execuţia acestui canal s-a făcut în stratul aluvionar al terasei Bistriţei, fiind pereat cu dale prefabricate din beton şi rosturi neetanşe.

Un sistem complet de canale se realizează la cascada centralelor în aval de Stejarul, însumînd o lungime totală de circa 75 km. Pînă în prezent se găsesc în diverse studii de execuţie majoritatea canalelor, cele care servesc centralele Roznov I şi Roznov II fiind date în exploatare pe o lungime de 15,8 km.

Canalele de aducţiune sînt de tipul deschis, de secţiune trapezoidală, cu baza mică între 6 şi 12 m, şi taluzele udate la panta de 1/2, panta radierului de 0,15$^0/_{00}$, căptuşeală din beton sau beton slab armat în grosime de 15 cm, cu berme orizontale, a căror lăţime variază între 2,00 şi 2,50 m, asigurînd scurgerea unui debit de 84 m^3/s. Traseul canalului de la Roznov pe primii 2 km urmăreşte albia Bistriţei şi este executat în umpluturi, fiind protejat spre Bistriţa printr-un dig de anrocamente. De la km 2 + 200, traseul derivaţiei urcă pe prima terasă a Bistriţei, îndreptîndu-se spre terasa a doua, după care se situează paralel cu taluzul ce separă cele două terase. De la km 8 + 0,00, traseul intră în terasa a doua, traversînd o zonă compactă de loessuri. La baza terasei a doua se află amplasată centrala Roznov I. Canalele în continuare urmează un traseu situat în întregime pe terasa întîi a Bistriţei, în straturi aluvionare, şi debuşează în Cracău. La fixarea traseului s-a urmărit şi realizarea compensării terasamentelor.

Execuţia canalelor a impus următorul proces tehnologic, în funcţie de caracteristicile canalelor.

Canalele în săpătură :

— decaparea stratului vegetal pe o grosime medie de 40 cm cu buldozerul;

— săparea cu excavatoare de 3 m^3 a pămîntului în cazul unei tranşe pînă la pînza freatică mai groasă de 3 m, sau utilizarea excavatoarelor de 1,4 –1,5 m^3 în cazul unor tranşe de pămînt mai reduse, mergîndu-se cu săpătura tot pînă la nivelul apelor freatice, dacă bineînţeles în secţiunea canalului a apărut apa.

În fazele următoare de lucru, în secţiunea canalului se execută cu draglina o cuvetă drenantă şi cu excavatoarele de 3 m^3 sau de 1,4 m^3 săpături în tranşe la nivele diferite. Fazele de adîncire a cuvetei drenante cu draglina şi de săpare cu excavatoarele alternează.

În cazul canalelor situate sub pînza freatică, tot cu draglina se execută şi rigola de pe radierul canalului, rigolă care are rolul de a asigura colectarea şi evacuarea apelor de infiltraţie, în vederea executării pereului radierului.

Taluzele rămase în urma săpăturilor mecanice se aduc la conturul definitiv prin săpături manuale. Excavaţiile mecanice se opresc la circa 30 cm de conturul definitiv.

Săpăturile executate cu draglina la cuvetele drenante se descarcă în depozit şi se reîncarcă cu excavatorul ce execută faza de execuţie ulterioară.

Transportul pămîntului săpat se face cu autocamioane basculante de 3,5 –10 t.

Canalele în umplutură :

Acestea se execută în procent 90% mecanizat. Operaţiile sînt următoarele :

— materialul transportat şi depus în umplutură se împrăştie cu buldozerul în straturi de maximum 30 cm grosime, după care fiecare strat se compactează cu tăvălug-picior de oaie de 15 t greutate, trecîndu-se de minimum opt ori pe strat. Aceste compactoare au fost concepute şi executate de Întreprinderea de construcţii hidroenergetice. Concomitent cu compactarea straturilor se procedează şi la udarea straturilor cu apă, pentru a aduce materialul la o umiditate optimă de compactare.

Pentru a se putea executa umpluturile mecanizat pe toată înălţimea digurilor, s-a prevăzut lăţirea provizorie a coronamentului digurilor, de la 2,5 la 4 m şi execuţia unui supraprofil pe taluzul interior de circa 30 cm. După compactarea digului pînă la cota definitivă, se procedează la îndepărtarea materialului în exces de la supraprofil şi supralărgire, prin săpare manuală.

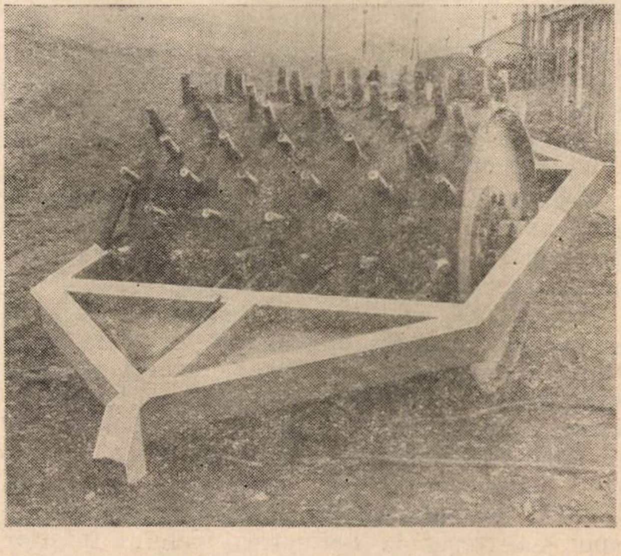


Fig. 5. Tăvălug picior de oaie.

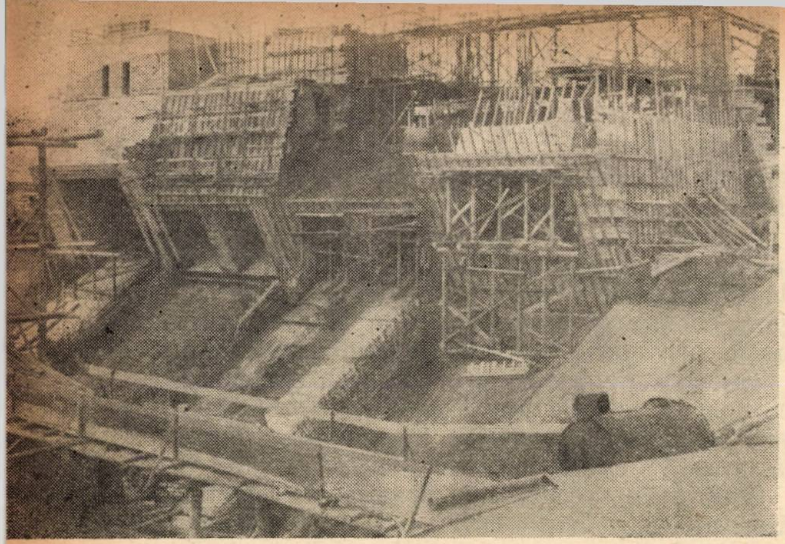


Fig. 6. Cameră de încărcare în betonare.

Pe taluzul exterior, un strat de circa 75 cm se execută manual.

Faza următoare în execuția canalelor, indiferent dacă sînt în săpătură sau umplutură, constă în execuția protecției de beton, în care scop sînt folosite agregate de betonare speciale, concepute tot de către Întreprinderea de construcții hidroenergetice, prin transformarea adecvată a forezelor „Uraleț" și completarea cu dispozitive de transport pe taluz al betonului. Cu astfel de instalație s-au putut realiza în medie circa 350 m²/zi.

Betonarea se execută în panouri de 5 m lățime măsurată în lungul canalelor, lungimea taluzului fiind și ea împărțită în trei fîșii prin rosturi tăiate.

Partea centrală a unei amenajări hidroenergetice o constituie centrala propriu-zisă cu complexul nodului de presiune.

Centrala „V. I. Lenin"-Bicaz este de tip semiaerian (25 m în subteran și 13 m aeriană), executată în aluviuni sub nivelul pînzei freatice, la adăpostul unui batardou de palplanșe metalice.

Volumul betoanelor turnate în centrală și anexe — turnul de decuvare, blocul de comandă, atelierul mecanic — depășește 48 000 m³. Majoritatea betoanelor au fost puternic armate, cerînd o deosebită atenție la punerea în operă și vibrare și în special la betonarea aspiratoarelor și a pieselor înglobate, unde se cereau toleranțe minime.

Legătura tunelului cu centrala este realizată prin ansamblul de construcție al nodului de presiune: castel de echilibru, casa vanelor, conductele forțate și distribuitorul.

Castelul de echilibru se caracterizează prin dimensiuni mari (diametrul interior 23 m, înălțimea în subteran 69,2 m, înălțimea camerei superioare 17 m) și prin modul original de excavație. S-au executat inițial 16 puțuri pe contur în cinci etape, care după betonare au constituit inelul exterior, la adăpostul căruia s-a excavat miezul central pe toată secțiunea și apoi s-a trecut la betonarea inelului interior concomitent cu montarea blindajului metalic.

La conductele forțate, probleme de execuție a pus masivul inferior de ancorare, a cărui betonare a trebuit executată din aproape în aproape, în paralel cu consolidarea taluzului care prezenta fenomene de alunecare.

La distribuitor s-au realizat consolidări suplimentare a pieselor de ramificație, prin înglobarea acestora în masive de beton armat.

Centrala „16 Februarie"-Argeș este de tip subteran, amplasată în punctul denumit Cetățuia, la o adîncime de peste 110 m sub nivelul apelor Argeșului, și este formată dintr-o cavernă de 103 m lungime, 16 m lățime și o înălțime maximă de 34 m.

Accesul în centrală se face printr-un puț vertical de 105 m adîncime și cu diametrul de 7 m. De la baza puțului se continuă cu o galerie orizontală de 115 m. Prin puț și galerie se face și introducerea echipamentului în centrală.

Pentru instalarea cablurilor este executată o galerie înclinată (galeria cablurilor) între stația de transformare din centrală și stația exterioară de pe platforma centralei.

Realizarea cavernei s-a început prin excavarea și betonarea bolții, s-a continuat cu excavarea și betonarea grinzilor de rulare și apoi a pereților laterali pe fîșii verticale. Numai după aceasta s-a trecut la excavarea miezului central. Acest mod de execuție a permis, pe lîngă asigurarea unei securități maxime, și posibilitatea montării în paralel cu restul lucrărilor de excavații a celor două poduri rulante, economisindu-se eșafodajele care ar fi fost necesare.

Legătura cu aducțiunea se face prin puțul forțat cu diametrul de 4,1 m și adîncimea de 183 m, amplasat în continuarea castelului de echilibru, sub nivelul aducțiunii. Ansamblul castelului de echilibru și puțului forțat constituie nodul de presiune, realizat în întregime în subteran și avînd o înălțime totală de 324 m. Excavarea castelului cu diametrul interior de 7,2 m s-a executat în secțiune plină, evacuarea sterilului făcîndu-se pe sus cu ajutorul unei instalații de extracție, ceea ce a dus la scurtarea termenului față de soluția inițială, prevăzută cu șuber central și evacuarea sterilului din restul secțiunii prin acest șuber. Betonarea cămășuielii castelului s-a făcut cu ajutorul unui pod mobil, pe care erau montate cofrajele glisante. Legătura între uzină și galeria de fugă este realizată printr-o cameră de expansiune. Atît centrala cît și nodul de presiune se găsesc în zona cristalină a gneisului.

Centralele din cascada aval Stejaru sînt diferențiate, de două tipuri, și anume: centralele baraj Pîngărați și Piatra-Neamț și centralele pe derivații cu camere de încărcare și conducte forțate, la Vaduri, Roznov I, Roznov II, Zănești, Costișa, Buhuși, Racova, Gîrleni, Bacău I și Bacău II.

Puterile instalate variază între 11 și 44 MW.

Execuția centralelor-baraj, amplasate în albia Bistriței, s-a făcut prin devierea apelor în două faze, prin batardouri de palplanșe metalice sau diguri etanșe de pămînt. În prima fază s-a executat barajul stăvilar, asigurîndu-se astfel descărcarea apelor în faza a doua, cînd s-a executat excavația și construcția centralei. Celelalte centrale se execută în incinte de palplanșe metalice sau diguri etanșe, dat fiind fundarea lor sub nivelul apelor freatice.

Prima centrală de acest gen a fost cea de la Roznov I, și experiența cîștigată de constructor a dus la scurtarea treptată a timpului de execuție, ajungîndu-se ca la ultima centrală predată la montaj (cea de la Buhuși) timpul de excavație a construcției propriu-zise să fie sub șase luni.

Din aceste centrale, cele de la Pîngărați, Piatra-Neamț, Racova, Gîrleni, Bacău I și Bacău II au lacuri de acumulare, unde a trebuit să se execute diguri cu etanșări puternice, pentru a apăra localitățile riverane, precum și pentru evitarea pierderilor de apă.

Dată fiind variația mare de caracteristici ale amenajărilor hidroenergetice, acestea sînt fiecare în parte aproape unicate. Totuși, metodele de construcție folosite pînă în prezent și în continuă evoluție constituie o experiență bogată, care poate fi folosită cu randamente din ce în ce mai bune la lucrările prevăzute în perspectivă. Amenajările viitoare, din care unele de mare anvergură (sistemul hidroenergetic și de navigație de la Porțile de Fier, centralele hidroelectrice Islaz, Lotru, pe Valea Oltului, etc.), cer constructorilor îmbunătățirea mai departe a metodelor de execuție, menținîndu-le în mod continuu la nivelul tehnicii mondiale.

Din realizările sectorului de construcții și montaje energetice

Ing. **P. Vicol**
director tehnic al Trustului de
construcții și montaje energetice

De la înființare, în 1949, și pînă astăzi volumul de lucrări al Trustului de construcții și montaje energetice (TCME) a crescut continuu. Dacă în primul an s-au executat cîteva centrale electrice Diesel, cu o putere totală instalată de circa 8 MW, și aproximativ 35 km linii electrice de înaltă tensiune, în 1964 se construiesc centrale termoelectrice și hidroelectrice cu o putere totală instalată de 650 MW și linii electrice de înaltă tensiune în lungime de peste 2 900 km.

Executarea acestui volum de lucrări, în continuă creștere, încadrată în indicatori tehnico-economici din ce în ce mai buni, a fost posibilă atît prin creșterea mijloacelor de producție, dar mai ales prin introducerea sistematică a metodelor de execuție și procedeelor tehnologice moderne, precum și prin dezvoltarea permanentă a prefabricării și industrializării lucrărilor și mecanizării complexe a lor.

În cele ce urmează se vor arăta pe scurt evoluția, realizările actuale mai importante și perspectiva de dezvoltare a producției de lucrări energetice în cadrul TCME, pe principalele sectoare de activitate, avînd în vedere în special factorii determinanți arătați mai sus.

Construcții de centrale electrice

Evoluția execuției lucrărilor de construcții de centrale termoelectrice este strîns legată de tipurile de echipamente termomecanice, care au variat de la puteri unitare de 12 MW în 1951 pînă la 150 MW în 1964.

În decursul anilor, în activitatea de construcții din TCME s-a manifestat permanent tendința de a se introduce sisteme constructive noi, de a face să crească gradul de mecanizare a lucrărilor și de folosire a utilajelor, de a se întrebuința materiale noi și înlocuitori ai materialelor deficitare și de a se aplica noi procedee tehnologice pentru creșterea productivității muncii și reducerea prețului de cost al lucrărilor.

La început, construcțiile centralelor termoelectrice s-au realizat cu metodele tradiționale ale tehnicii și cu mijloace mecanizate reduse.

Structurile de beton armat s-au executat din beton armat turnat monolit, și numai pe măsura tipizării elementelor de construcții s-a trecut la introducerea prefabricatelor și industrializării lucrărilor.

Din realizările cu elemente prefabricate se poate menționa :

— schelet de rezistență și acoperiș din plăci autoclavizate, la corpul principal al centralelor „23 August”, București-sud ;

— schelet din stîlpi și grinzi prefabricate pentru instalația turnurilor de răcire cu tiraj natural : CTE Paroșeni, CET Brazi, CET Grozăvești ;

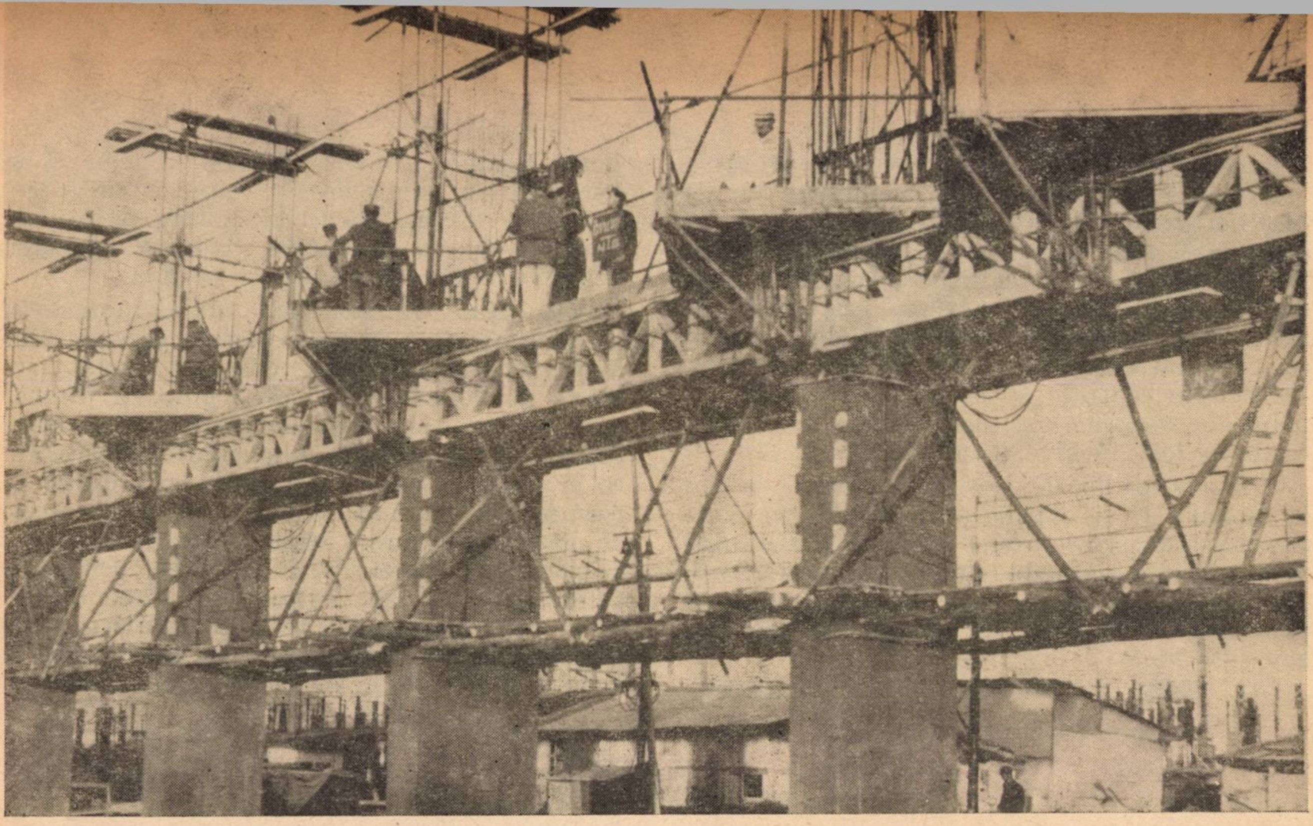


Fig. 1. Tehnologia de execuţie a stîlpilor corpului principal al CTE Luduş cu cofraje glisante.

—elementele de susţinere şi şarpantă metalică la depozite de echipamente : CTE Luduş, CET Craiova ;

— elemente de faţadă din panouri prefabricate : CET Craiova.

Ritmul accelerat impus de termenele scurte de dare în folosinţă a determinat găsirea unor metode de lucru noi şi rapide, ca :

— folosirea cofrajelor glisante la execuţia coşurilor de fum cu profil tronconic : CET Craiova ;

— realizarea cojii de beton a turnurilor de răcire cu ajutorul cofrajului păşitor : CET Brazi, CTE Paroşeni, CET Grozăveşti.

Pe viitor s-a prevăzut extinderea metodei de execuţie cu cofraje glisante a stîlpilor înalţi, prefabricarea şi montarea unor elemente grele de stîlpi cu macarale de mare capacitate.

Excavaţiile s-au executat mecanizat în proporţie de 60% în anii 1952—1954 şi 83% în 1963.

Prepararea centralizată a betoanelor şi mortarelor pe şantiere s-a extins, ajungînd în prezent la 95% din volumul betoanelor turnate.

O mare parte din volumul transporturilor de materiale privind operaţiile de încărcare şi descărcare, purtat direct, ridicat pe verticală s-au mecanizat prin folosirea lopeţilor mecanice, benzilor transportoare, autobasculantelor şi automacaralelor.

La montajul prefabricatelor s-au folosit la început dispozitive simple (stîlpi de montaj, capre, bigi etc.), faţă de utilajele grele care se folosesc în prezent (macarale de la 300 la 600 tfm).

În problema introducerii utilajelor noi şi a economisirii materialelor deficitare, s-au înlocuit treptat schelele şi eşafodajele de lemn prin schele metalice tubulare de inventar, iar în locul cofrajelor de scîndură s-au folosit elemente prefabricate din placaj bachelitizat şi PFL.

De asemenea :

— s-au introdus conductele din PVC la instalaţiile interioare şi exterioare de alimentare cu apă şi tuburi protectoare la instalaţiile electrice ;

— s-au folosit plăcile de azbociment la instalaţiile de răcire a turnurilor sau la învelitori, în locul asterelii şi cartonului asfaltat ;

— s-au întrebuinţat plăcile fibrolemnoase la alcătuirea pereţilor construcţiilor provizorii de şantier ;

— s-au executat vopsitorii cu vinacet şi clorcauciuc la fermele de acoperiş ;

— în locul şarpantelor de lemn la construcţiile provizorii de şantier s-au prevăzut ferme uşoare de acoperiş din oţel-beton.

S-au introdus treptat procedee noi de execuţie, ca :

— folosirea incintelor de filtre aciculare pentru epuismente la executarea fundaţiilor (coşul de fum de la CET Craiova, de la CET Bucureşti-sud) în locul incintelor de palplanşe ;

— s-a experimentat şi a dat rezultate ecranul de bentonită pentru protejarea pereţilor barajului de la CET Craiova ;

— s-a aplicat tehnologia de execuţie a cojii de beton a turnurilor de răcire cu tiraj natural cu cofraje păşitoare ;

— s-a elaborat şi este în curs de aplicare tehnologia de execuţie a stîlpilor de la corpul principal al CTE Luduş, prin metoda glisării cofrajului (fig. 1) ;

— s-a elaborat tehnologia de executare a prefabricatelor prin tratare cu abur, în vederea obținerii unor rezistențe inițiale mari, care să permită montarea imediată a prefabricatelor ;

— s-a folosit transportul betonului pompat la executarea barajului de la CTE Luduș.

În viitor se vor extinde și mai mult metodele de industrializare a construcțiilor prin folosirea prefabricatelor, cofrajelor glisante și cofrajelor pășitoare.

Montaje de centrale electrice

La centralele termoelectrice executate în perioada de început, echipamentele energetice, și în special cazanele de abur, se montau din piese detașate, cu mijloace simple de mecanizare : role de ridicare, brațe de montaj etc.

Ulterior, o dată cu schimbarea metodei de execuție și trecerea la montajul în blocuri, s-a trecut la mecanizarea lucrărilor prin introducerea macaralelor Derrick de 15 tf, apoi a macaralelor gama de 25 tf și la mecanizarea platformelor de asamblare cu macarale-portal de 10 tf.

În prezent, echipamentul energetic se montează în blocuri mari. Blocurile se execută pe platforme utilate cu macarale-portal de 30 tf și se montează apoi cu macarale-turn de 40 și 50 tf și înălțimi de ridicare pînă la 70 m (fig. 2).

Coeficientul de preasamblare a cazanelor de abur a cunoscut o continuă creștere. Dacă în anii 1955—1956 acest coeficient avea valori de 55%, la două centrale aflate în prezent în execuție s-au realizat coeficienți de 80—85%.

Primele blocuri s-au executat din elemente omogene : carcase, ecrane etc. În prezent s-a trecut la execuția unor blocuri mixte, de greutăți mari, pînă la 50 — 60 tf.

Se conturează tendința realizării unor blocuri și mai mari, cu folosirea unei mecanizări corespunzătoare : poduri rulante în sala cazanelor de 2 × 40 tf, macarale-turn de 75 tf etc.

Înzidirea cazanelor s-a executat, în prima perioadă, cu cărămidă refractară și normală, în zidărie portantă aplicată pe cazanul în picioare.

În prezent, înzidirea se execută la sol, fie în rame speciale, fie nemijlocit pe ecrane. Izolarea termică a cazanului se execută mai recent din betoane refractare, turnate la sol în rame.

Echipamentul sălii turbinelor, inclusiv statoarele generatoarelor, s-a ridicat cu poduri rulante. În prezent, pentru evitarea supradimensionării podurilor rulante și a clădirilor, statoarele generatoarelor, care reprezintă piesa cea mai grea față de alte piese, se ridică cu un dispozitiv special.

În tehnologia de montare a turbinelor se manifestă tendința centrării dinamometrice și cu ajutorul nivelelor hidrostatice.

Tehnologia lucrărilor de sudură a evoluat, de asemenea, continuu, în prezent folosindu-se următoarele metode moderne :

— sudura barelor de aluminiu în mediu de argon ;

— sudura confecțiilor metalice și a conductelor mari, semiautomatizat, în mediu de CO_2 ;

— tratamente termice cu metoda inducției ;

— tratamente termice ale conductelor cu diametre pînă la 159 mm în mufe-cuptor cu gaz metan.

La început, controlul sudurilor se executa foarte rar cu raze Roentgen. În prezent, defectoscopia, atît cea nedistructivă cît și cea distructivă, a luat o amploare mare, folosindu-se procedeele prin gamagrafiere, ultrasunete, magnetoscopie, stiloscopie, precum și controlul macro- și microscopic (fig. 3).

În sectorul montajului de centrale hidroelectrice mari, o problemă dificilă o constituie totdeauna transportul echipamentului din gările și porturile de descărcare a acestui echipament pînă la locul de montaj.

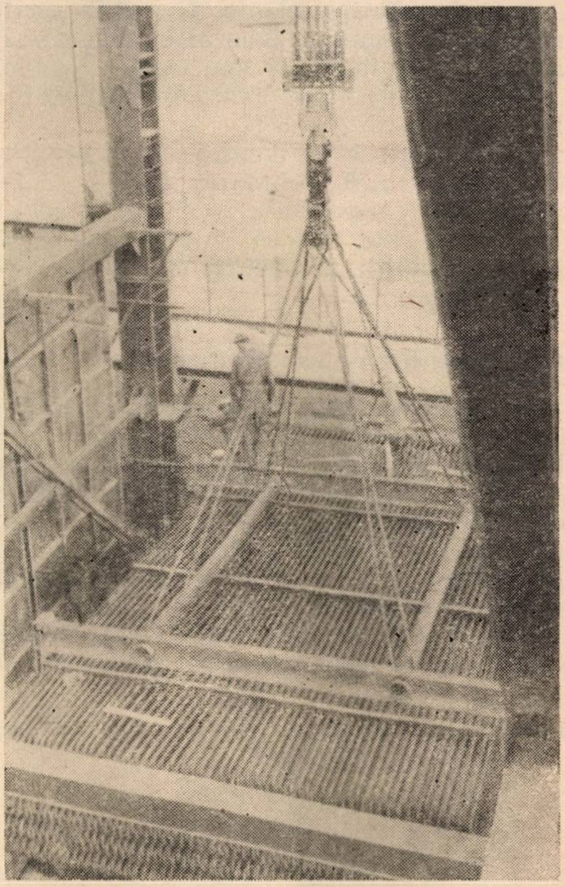


Fig. 2. Montarea blocurilor cu macaraua-turn de 40 tf.

Astfel echipamentul pentru hidrocentrala „V. I. Lenin"-Bicaz a fost transportat, din portul Galați și pînă la locul de montaj, cu ajutorul

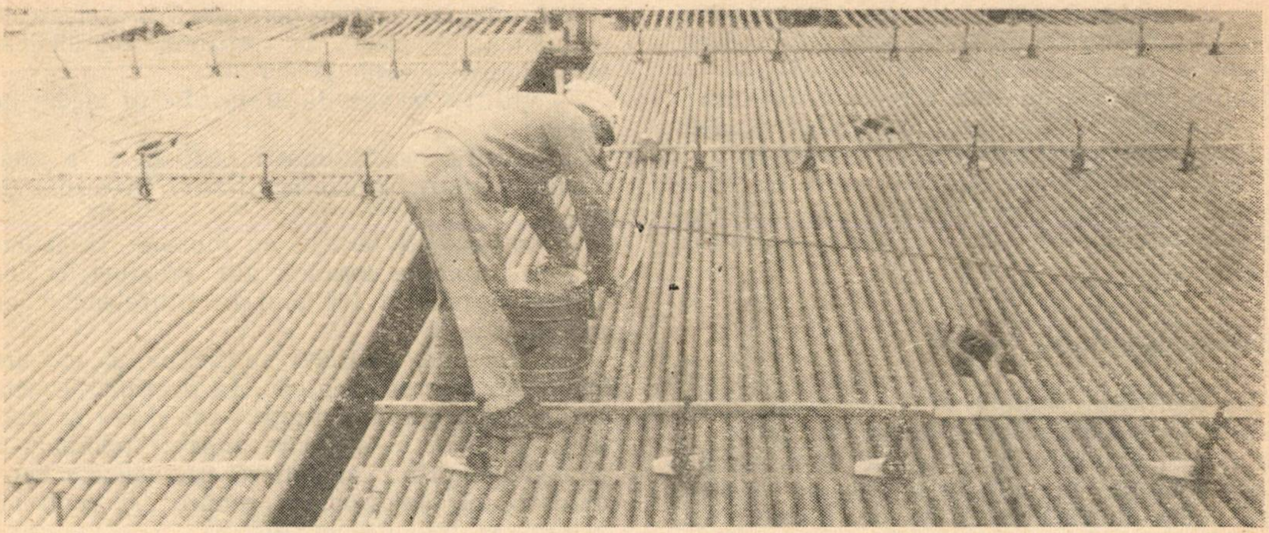


Fig. 3. Controlul sudurilor cu ajutorul fiolei radioactive (gamagrafiere).

unor remorci speciale, grele de 65 tf şi 80 tf, tractate de tractoare Kirov S-80.

Pentru montajul pieselor grele, s-au folosit în general podurile rulante din sălile maşinilor. Pentru montajul celorlalte elemente din afara sălii maşinilor, mult mai uşoare, s-au folosit dispozitive speciale, axate pe utilizare troliilor electrice de 3 — 5 tf.

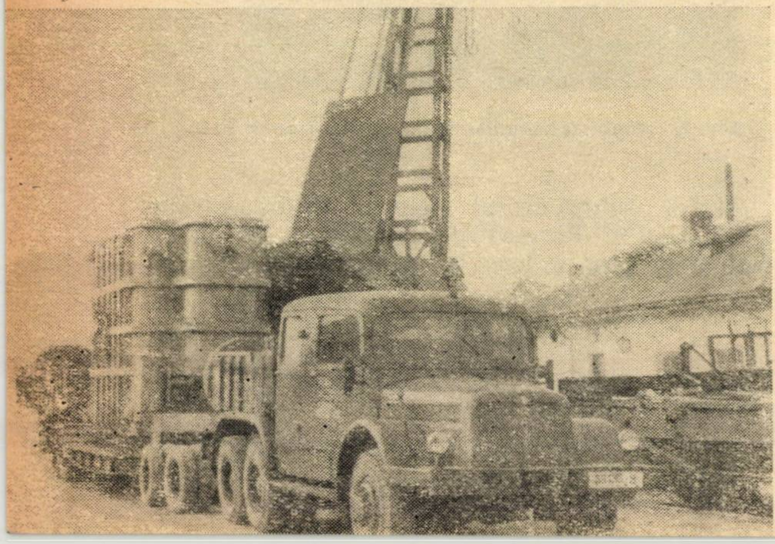
Pentru lucrările de montaj de la centralele hidroelectrice „16 Februarie"-Argeş şi Porţile de Fier, sînt studiate scheme tehnologice şi de mecanizare care să soluţioneze, în cele mai bune condiţii, problemele dificile ce se pun la aceste lucrări.

Staţii şi posturi de transformare

În primii ani după înfiinţarea organizaţiei de montaje energetice, tehnologia de execuţie a lucrărilor de staţii şi posturi de transformare era dintre cele mai rudimentare, fiind determinată de lipsa de scule şi utilaje corespunzătoare, lipsa de alimentare cu energie electrică a şantierelor, lipsa de experienţă în domeniul acestui gen de lucrări.

Astfel, toate operaţiile de montaj propriuzis cît şi cele de confecţionare a diverselor construcţii metalice se efectuau pe şantier, factorul principal în realizarea calităţii fiind pregătirea profesională a muncitorilor.

Fig. 4. Transportul unui transformator greu pe remorcă specială.



Prima etapă realizată în îmbunătăţirea tehnologiei de montaj al staţiilor a fost dotarea şantierelor cu scule şi unele utilaje, concomitent cu introducerea unor amenajări de şantier. Astfel, s-a căutat ca de la început şantierele de montaj-staţii să fie alimentate cu energie electrică, să fie înzestrate cu magazii şi un mic atelier dotat de obicei cu un transformator de sudură, un polizor şi o maşină de găurit electrică.

Apoi s-a iniţiat o acţiune largă pentru introducerea micii mecanizări pe şantierele de montaj. S-a proiectat şi adoptat o serie de dispozitive care, în condiţiile specifice şantierelor de staţii şi posturi — diversitate mare de lucrări cuprinzînd un volum redus de manoperă — duceau la uşurarea muncii şi îmbunătăţirea calităţii lucrărilor, fără a necesita cheltuieli prea mari. Printre acestea, demne de menţionat sînt dispozitivele de îndoit bare pe lat şi pe cant, dispozitivele de îndoit ţevi, de tras cablul, de găurit beton, scările pentru staţiile exterioare, dispozitivele pentru identificarea cablurilor etc.

Ca urmare a procurării unor utilaje grele, s-au mecanizat şi operaţiile speciale ca transportul transformatoarelor mari şi umplerea lor cu ulei (fig. 4) şi s-a trecut la montarea mecanizată a aparatajului exterior, acolo unde existau condiţii pentru aceasta.

Modernizări ale tehnologiei de execuţie au avut loc şi ca urmare a modernizării materialelor şi echipamentelor utilizate. Pentru a cita numai un exemplu, înlocuirea cablurilor cu izolaţie de hîrtie prin cabluri izolate în cauciuc, şi apoi prin cabluri cu izolaţie şi manta din materiale plastice, a dus la modificări de tehnologie nu numai în executarea cutiilor terminale, dar şi în executarea identificărilor şi legăturilor la şirurile de cleme.

Dar cea mai mare influenţă în modernizarea tehnologiei de execuţie a staţiilor a avut-o introducerea prefabricării subansamblelor din ce în ce mai complexe. Începînd cu prefabricarea unora dintre construcţiile metalice în atelierele centrale sau în atelierele întreprinderilor, s-a trecut apoi la prefabricarea centralizată a panourilor de comandă şi protecţie complet echipate şi a cutiilor de cleme pentru staţii exterioare. Într-o etapă următoare s-a ajuns la confecţionarea dulapurilor de aparate şi a cutiilor de cleme montate în faţa celulelor de interior, echipate cu aparatajul şi conexiunile de comutaţie secundară aferente celulei respective.

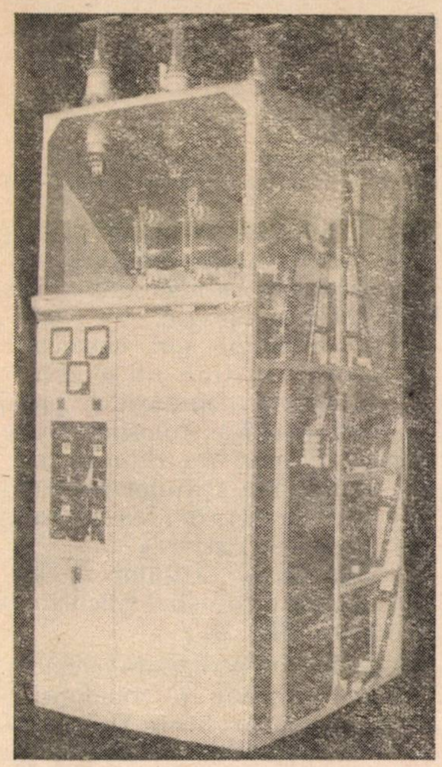


Fig. 5. Celulă deschisă de interior complet prefabricată.

În prezent, ca urmare a studiilor efectuate în cadrul TCME şi cu ajutorul unităţii sale de producţie industrială, s-a ajuns la fabricarea integrală a celulelor de 6 — 15 kV, atît pentru instalaţii interioare, cît şi pentru instalaţii exterioare, complet echipate cu circuitele primare şi secundare aferente (fig. 5). În acest mod, montajul unei staţii interioare se reduce la instalarea celulelor şi executarea legăturilor electrice dintre ele. Astfel, o staţie de 6 kV se poate executa numai din celule prefabricate.

Prefabricarea a fost introdusă şi în domeniul posturilor de transformare. Rezumată iniţial la prefabricarea cutiei de distribuţie pentru posturile aeriene, şi această acţiune s-a dezvoltat considerabil în ultimii ani, cuprinzînd celule prefabricate de înaltă tensiune, tablouri de distribuţie de joasă tensiune şi chiar posturi complet prefabricate. Acestea din urmă se fabrică în ateliere centralizate, în mai multe variante de execuţie, unele fiind destinate reţelelor de distribuţie urbană, iar altele specifice pentru organizările de şantier,

Întrucît prefabricarea largă a subansamblurilor mari, complet echipate, s-a dovedit a fi acţiunea cea mai eficientă în domeniul montajului staţiilor şi posturilor de transformare, atît din punctul de vedere al creşterii productivităţii muncii, cît şi mai ales pentru scurtarea termenelor de execuţie şi obţinerea unor lucrări de calitate, ea va fi extinsă şi mai mult în viitorul apropiat.

Astfel, este în curs de introducere un nou tip de post de transformare urban, executat în trei variante, care permite extinderea utilizării lui, precum şi extinderea utilizării celulelor prefabricate pentru posturi de transformare.

De asemenea, celulele pentru staţii vor fi lărgite, adăugîndu-se noi sortimente, astfel încît cît mai multe lucrări să poată fi executate cu asemenea celule.

Linii electrice

La construcţia liniilor electrice aeriene, tehnologia de montaj a evoluat în funcţie de ele-

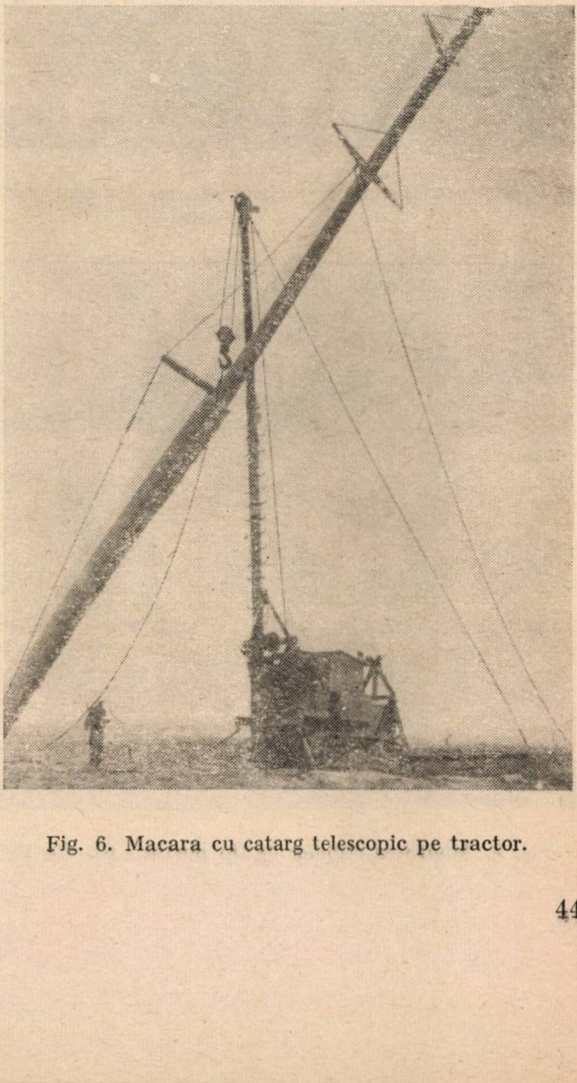


Fig. 6. Macara cu catarg telescopic pe tractor.

mentele constructive ale liniilor: fundații, stîlpi, conductoare, și de dotarea cu utilaje tehnologice.

În prima perioadă de activitate a trustului, 1949 — 1955, liniile pînă la 35 kV s-au construit pe stîlpi de lemn plantați direct în pămînt, iar liniile de înaltă tensiune de 110 kV, pe stîlpi de lemn plantați direct în pămînt sau pe stîlpi de metal în fundații de beton monolit.

Tehnologia de montaj din această perioadă era bazată în general pe metode manuale, iar ca utilaje s-au folosit autocamioane și dispozitive de mică mecanizare: trolii manuale, vinciuri etc.

Din 1955, prin extinderea folosirii stîlpilor de beton centrifugat și a stîlpilor de metal, aceștia mai ales în terenuri accidentate, în locul stîlpilor de lemn, s-au introdus metode de lucru noi, bazate pe o largă mecanizare.

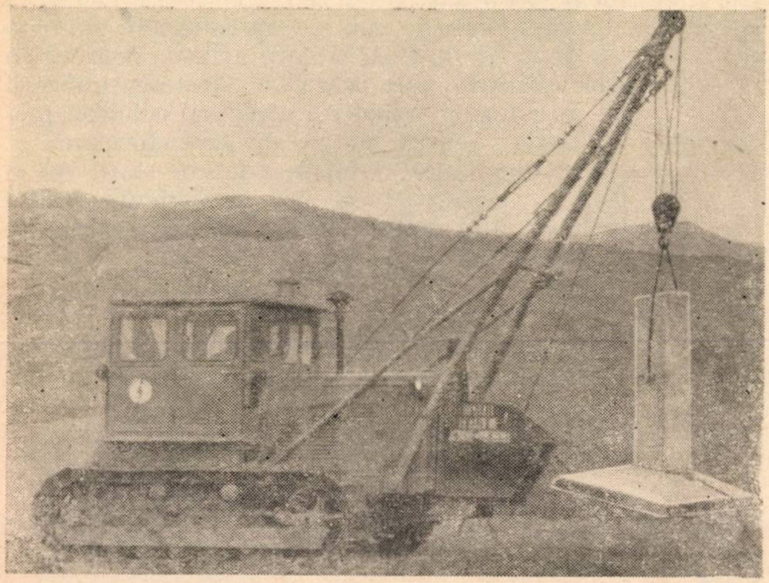


Fig. 7. Montarea fundației prefabricate cu ajutorul tractorului cu braț frontal.

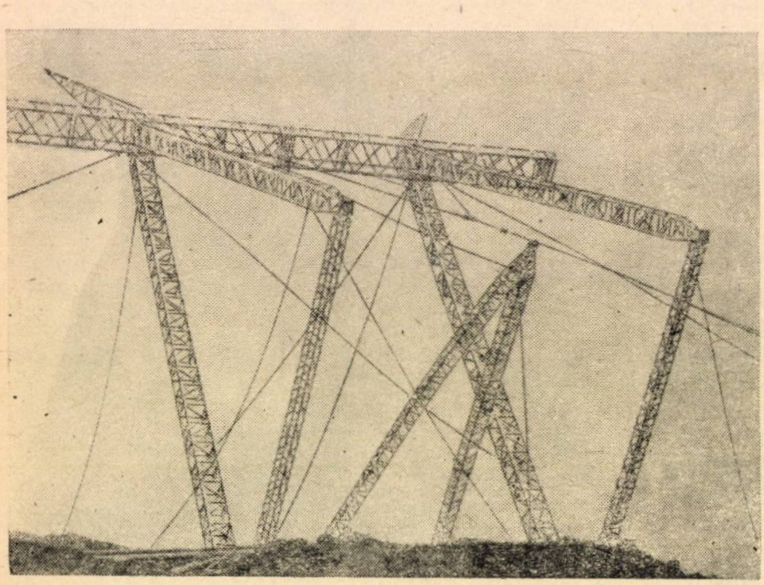


Fig. 8. Montarea stîlpilor de tip portal LEA 400 kV prin tragere.

Dintre utilajele tehnologice care au contribuit la ridicarea gradului de mecanizarea lucrărilor se citează:

- automacarale de 3—5 tf;
- macarale pe șenile 3—5 tf;
- tractoare pe șenile;
- tractoare rutiere;
- mașini de săpat gropi pe tractor S—100;
- macara cu catarg telescopic pe tractor S—100 (fig. 6).

Creșterea volumului de lucrări și construcția de linii de foarte înaltă tensiune, de 220 — 400 kV, au condus și la necesitatea îmbunătățirii tehnologiei de execuție.

Ca tehnologii noi experimentate și introduse în ultimii ani se menționează:

— folosirea fundațiilor prefabricate și montarea lor folosind tractoare pe șenile, cu braț de ridicare (fig. 7);

— montarea stîlpilor de beton la LEA 6—20 kV cu catarge telescopice montate pe tractoare rutiere;

— montarea stîlpilor de tip portal prin tragere, folosind tractoare cu trolii mecanice (fig. 8);

— folosirea de utilaje complexe pentru săparea gropilor și montarea stîlpilor de beton cu greutate pînă la 1200 kgf;

— desfășurarea conductoarelor sub tracțiune mecanică prin metoda cu fir pilot, folosind mașini speciale de tragere și dispozitive de frînare;

— montarea clemelor de înnădire și tracțiune prin presare, folosind prese hidraulice, și executarea lucrului pe conductoarele liniilor de foarte înaltă tensiune, cu ajutorul cărucioarelor autopropulsate (fig. 9).

Din preocupările actuale în vederea îmbunătățirii tehnologiei executării liniilor aeriene, se menționează:

— ridicarea gradului de mecanizare la lucrările de fundații, prin săparea mecanizată a gropilor cu foreze mecanice sau excavatoare cu cupă inversă, prin extinderea folosirii fundațiilor prefabricate și prin mecanizarea preparării betoanelor de fundații;

— reducerea duratei pentru operațiile de manipulare și transport, prin dotarea șantierelor cu mijloace de transport și manipulare: autocamioane, automacarale etc., cu mare mobilitate și acces în orice teren;

— folosirea completă a utilajelor, a autoforezelor cu dispozitiv pentru ridicarea stîlpilor de beton de 12 — 14 m, a tractoarelor cu catarge telescopice pentru ridicarea stîlpilor de beton;

— folosirea de funiculare mecanice de tip forestier pentru transportul stîlpilor și materialelor la borne, în teren foarte accidentat;

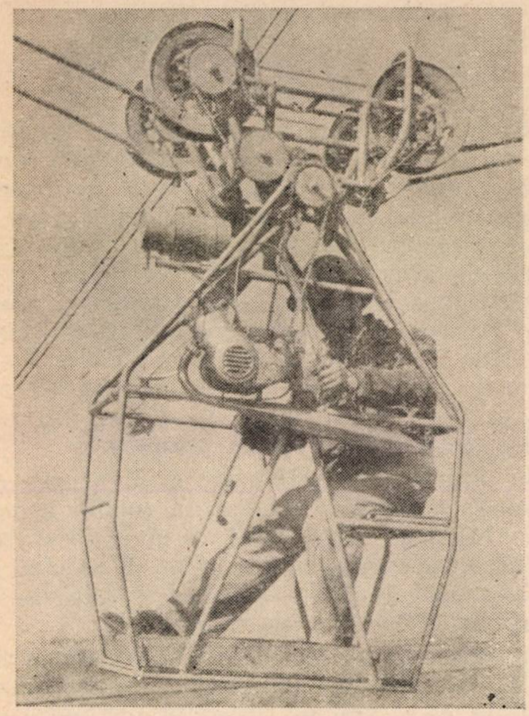


Fig. 9. Cărucior autopropulsat pentru executarea lucrărilor la conductoarele liniilor de foarte înaltă tensiune.

— eliminarea vopsirii consolelor metalice și a părții superioare a stîlpilor metalici, prin zincarea lor pe scară industrială;

— extinderea montării conductoarelor prin metoda cu fir pilot;

— introducerea folosirii platformelor telescopice pentru montarea izolatoarelor și conductoarelor.

Un sector important de activitate al TCME îl constituie și lucrările de linii electrice în cablu.

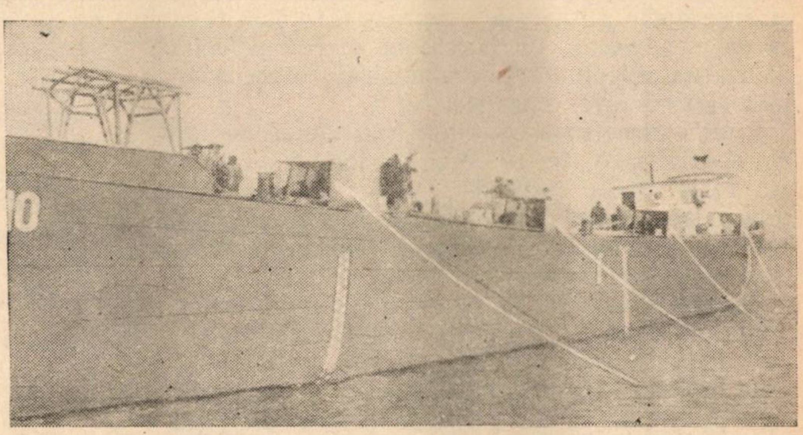


Fig. 10. Aspect de la montarea cablului subfluvial 110 kV la traversarea Dunării.

În ultimii 2 — 4 ani s-au realizat și în acest sector lucrări deosebit de importante, cu materiale și echipamente moderne, după tehnologia cea mai avansată la data executării lucrării respective.

Merită să fie menționate, sub acest aspect, lucrările:

— cablul 110 kV subfluvial, de construcție specială, care traversează Dunărea la Giurgiu—Vadul Oii, realizîndu-se în acest fel interconectarea sistemului regional Dobrogea cu sistemul energetic național. În figura 10 este redat un aspect de la execuția acestei lucrări;

— cablul 110 kV, de construcție modernă, care alimentează stația București-centru din CET Grozăvești și din stația Jilava (în viitor din CET București-sud).

*

Din realizările obținute și din experiența acumulată de organizația de execuție, se poate trage concluzia că sarcinile importante care stau în fața sectorului de construcții și montaje energetice pot fi realizate cu același succes, prin mărirea capacităților de producție a unităților de execuție, și, mai ales, prin extinderea metodelor de lucru și procedeelor tehnologice noi, și prin intensificarea mecanizării și a industrializării lucrărilor, căi sigure ale progresului tehnic în acest sector de activitate.

Gospodărirea judicioasă a combustibililor şi energiei electrice

Ing. B. Marcu
inspector general în Inspecţia energetică
din Ministerul Minelor şi Energiei electrice

Dezvoltarea rapidă a economiei noastre naţionale este însoţită de o solicitare sporită a resurselor de energie primară şi de o creştere considerabilă a consumului de energie electrică.

Aceasta reiese din datele redate în tabela 1, asupra dinamicii producţiei de combustibili clasici şi energie electrică în perioada 1938 — — 1963.

Tabela 1

Specificaţie	U/M	Anul		
		1938	1963	1963/1938
Cărbune brut extras total	mii t	2 826	10 267	3,62 ori
Ţiţei extras	mii t	6 594	12 233	1,86 ori
Gaz metan	mil. m^3	301	10 101	33,5 ori
Gaze de sondă	mil. m^3	1 725	4 160	2,4 ori
Energie electrică	mil. kWh	1 130	11 685	10,3 ori

Ţinînd seamă de caracterul limitat al rezervelor de energie primară de care dispunem şi de investiţiile ridicate în instalaţiile de extracţie şi preparare sau de prelucrare a combustibililor, precum şi în cele de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice, este justificat să se urmărească cu insistenţă mereu sporită utilizarea raţională şi economisirea combustibililor şi a energiei electrice.

Liniile directoare stabilite în 1950 la planul de electrificare de 10 ani, privind valorificarea raţională a resurselor energetice ale ţării prin amenajarea potenţialului hidroenergetic, sporirea ponderii în utilizarea cărbunilor inferiori şi valorificarea superioară a ţiţeiului şi a gazelor naturale îşi păstrează valabilitatea.

În timp ce în 1938 o parte foarte redusă a potenţialului hidroenergetic al ţării era amenajată, fiind instalate în centrale hidroelectrice grupuri cu o putere de 48 MW, care au produs în anul respectiv numai 148 milioane kWh, în 1963 puterea instalată în centrale hidroelectrice a atins 327 MW, cu o producţie de 537 milioane kWh.

Producţia de lignit a crescut în 1963 de 14,47 ori faţă de anul 1938, energia electrică produsă pe cărbuni inferiori atingînd 17,5% din totalul energiei termoelectrice produse în acest an. Este remarcabilă scăderea ponderii motorinei şi păcurii în producerea energiei electrice de la 35,7% în 1955 la numai 8,2% în 1963.

Gazele naturale au o pondere importantă în balanţa de energie primară. Pentru valorificarea lor superioară au fost puse în funcţiune sau se află în curs de construcţie mari combinate chimice, se introduc gazele naturale în procese tehnologice de mare eficienţă economică, se restrînge utilizarea gazelor naturale în procesele de ardere directă. În centralele termoelectrice gazele naturale sînt folosite cu precădere pentru producerea combinată a energiei electrice şi a căldurii prin termoficare. Gazele naturale pentru producerea energiei electrice sînt extrase, într-o serie de cazuri, din zăcăminte de joasă sau medie presiune.

Se manifestă o mai mare grijă pentru captarea şi utilizarea gazelor de sondă, atingîndu-se la finele anului 1963 un nivel de utilizare ridicat al acestora, de 94% faţă de sarcina trasată de Congresul al III-lea al P.M.R. de a se atinge în 1965 un procent de 95%.

În raportul la cel de-al III-lea Congres al P. M. R., tovarăşul Gheorghe Gheorghiu-Dej sublinia că : ,,trebuie acordată o atenţie deosebită îmbunătăţirii randamentului cu care se folosesc combustibilii, carburanţii şi energia prin ridicarea nivelului tehnic al instalaţiilor producătoare şi consumatoare de energie, astfel încît consumurile specifice de combustibil să scadă în cursul planului de 6 ani în medie cu 19%, iar cele de energie electrică cu 11%".

Întrucît consumului de energie primară în industrie îi revine ponderea cea mai mare, se vor examina în cele ce urmează unele aspecte caracteristice acestui consum.

Structura procentuală a consumului total de combustibil în industrie în anul 1963 s-a prezentat ca în tabela 2.

Tabela 2

Total industrie	100%
din care :	
în cazane de abur stabile	48,2 %
în cuptoare industriale	21 %
în instalaţii de încălzire cu ardere directă	1,67 %
ca materie primă	19,9 %

Cazanele de abur din centralele electrice, ca de altfel şi cele din centralele termice, care reprezintă cel mai important consumator de combustibil din industrie, se modernizează treptat.

Repartiţia procentuală după presiunea aburului şi debitul nominal al cazanelor din centralele electrice (inclusiv cele aparținînd M.M.E.E.) este redată în tabela 3.

Tabela 3

Presiunea	% din debitul nominal
sub 22 at	15,6
23–44 at	44,5
45–125 at	18,6
peste 125 at	21,3

Este remarcabil faptul că în timp ce în centralele electrice industriale numai 7,9% din debitul nominal al cazanelor de abur este la presiuni care depășesc 45 at, în centralele electrice ale M.M.E.E. în acest domeniu se află 39,9% din debitul instalat în cazane.

Cu foarte puține excepții centralele electrice nou construite în cadrul întreprinderilor industriale sînt centrale de termoficare, ceea ce asigură o economicitate ridicată și randamente superioare în utilizarea combustibililor. În numeroase centre din țară, în cadrul unor combinate chimice, siderurgice, de industrializare a lemnului, la fabrici de zahăr, hîrtie ș. a. au fost puse în funcțiune centrale electrice de termoficare.

În vederea creșterii în continuare a randamentelor de utilizare a combustibililor în cazane, trebuie îmbunătățită exploatarea cazanelor și extinsă automatizarea acestora; de asemenea este oportună accelerarea ritmului de înlocuire sau modernizare a cazanelor vechi și, în măsura posibilului, lichidarea sălilor de cazane neeconomice prin racordarea întreprinderilor la rețelele de termoficare.

Prezintă un mare interes sporirea sarcinii termice a centralelor electrice de termoficare, în paralel cu organizarea corespunzătoare a utilizării aburului primit la consumator și a colectării și returnării la centrală a condensatului cel puțin la nivelul prevederilor din proiecte.

*

Dezvoltarea principalelor ramuri industriale, și în special a industriei chimice, a prelucrării țițeiului, a siderurgiei și a materialelor de construcții, se caracterizează prin procese energo-intensive. Din aceste procese tehnologice rezultă, sub diferite forme, resurse energetice secundare, a căror utilizare cît mai deplină reprezintă una dintre problemele majore ale energeticii industriale moderne.

Studiile pentru îmbunătățirea gospodăririi energiei însoțite de bilanțuri energetice pe agregate, secții sau întreprinderi, care au fost întocmite începînd din anul 1960 de marile întreprinderi, au avut o contribuție la punerea în evidență a resurselor energetice secundare existente și la orientarea acțiunilor menite să asigure recuperarea lor. De asemenea, prin planurile de măsuri tehnico-organizatorice, pentru economisirea energiei, care se întocmesc anual în întreprinderi, cu sprijinul și sub îndrumarea Inspecției energetice, se stabilesc adeseori soluțiile și etapele concrete de realizare a lucrărilor pentru ridicarea randamentului utilizării energiei în întreprinderea respectivă.

Una dintre resursele energetice secundare cele mai importante este reprezentată de gazele combustibile rezultate din diferitele procese tehnologice, cum ar fi gazul de cocs, de furnal, de semicocs și gazele din rafinării și uzinele chimice.

Datorită lucrărilor efectuate la combinatele siderurgice de la Reșița și Hunedoara, se asigură utilizarea aproape integrală a gazului de cocs.

Se ameliorează sensibil gradul de utilizare a gazului de furnal prin intrarea în funcțiune a CET — suflante de la Reșița, Hunedoara și Călan, precum și prin terminarea pînă la sfîrșitul anului la Reșița a conductei de gaz de la furnale la CET „7 Noiembrie" și la Hunedoara de la furnale la Peștiș, pentru a fi utilizat la cuptoarele laminoarelor.

Pentru exemplificare vom arăta că la Combinatul siderurgic Hunedoara măsurile ce se iau pentru utilizarea gazului de furnal au permis ca față de un grad de utilizare al acestuia de numai 52,2% în 1959, respectiv 73,7% în 1963, în primul trimestru al acestui an să se asigure utilizarea a 91,5%.

Direcțiile de utilizare a gazului de semicocs au constituit obiectul unor studii, din care se profilează în final a fi mai avantajoasă utilizarea energetică, prin construirea unei centrale termoelectrice de circa 36 MW.

Gazele din rafinării ca și cele din uzinele chimice sînt utilizate în proporție ridicată. Anumite situații particulare, în care nu se utilizează integral gazele produse, sînt legate de studierea încă insuficientă a problemelor tehnice ridicate de arderea unor gaze conținînd urme de acetilenă ș. a., de necesitatea înlocuirii unor procese tehnologice, cum ar fi cel de producere a negrului de fum prin alte procedee mai moderne, sau de întîrzieri în executarea lucrărilor de racordare a consumatorilor.

Instalațiile moderne, cu agregate de mare capacitate și cu un grad înalt de automatizare cu care se dotează industria noastră, asigură randamente ridicate de utilizare a combustibililor și energiei electrice. În multe din proiectele noilor instalații sînt soluționate corespunzător problemele recuperării diferitelor resurse energetice secundare. Astfel, în întreprinderile din industria chimică sînt în funcțiune cazane recuperatoare cu un debit nominal de abur de circa 400 t/h. Cazanele recuperatoare aflate în curs de instalare sau de proiectare însumează un debit de circa 1700 t/h. Economia de combustibil ce urmează să se realizeze în sectorul industriei chimice prin punerea în funcțiune a recuperatoarelor amintite se evaluează la peste un milion tone combustibil convențional pe an.

Studiile și proiectele întocmite pentru principalele combinate și uzine metalurgice au confirmat oportunitatea montării de cazane recuperatoare pentru recuperarea căldurii sensibile a gazelor de ardere de la cuptoarele Martin și de la cuptoarele laminoarelor, precum și a introducerii răcirii prin vaporizare la cuptoarele Martin. De asemenea, se studiază și alte recuperări, cum ar fi aceea a căldurii sensibile a cocsului incandescent, prin stingerea uscată cu ajutorul gazelor inerte, folosirea presiunii gazelor la gîtul furnalelor prin destinderea acestora prin turbine de trecere, folosirea căldurii lingourilor, a zgurelor etc. Primele cazane recuperatoare la cuptoare Martin sînt în funcțiune la OSM II de la Combinatul siderurgic Hunedoara.

Se află în curs de montaj la același combinat, urmînd a fi puse în funcțiune în cursul acestui an, primele instalații de răcire prin vaporizare la cuptoarele nr. 7 și 8 ale oțelăriei Martin. Se apreciază că, prin realizarea în anii următori a recuperărilor posibile la acest combinat, pese 60% din necesarul de abur va fi produs prin recuperări.

În industria materialelor de construcții, la noile cuptoare de clincher produse de uzinele „23 August" se realizează recuperarea căldurii gazelor de ardere prin preîncălzirea componentelor pastei și evaporarea apei conținute de aceasta. Căldura sensibilă a clincherului servește la preîncălzirea aerului de ardere. La cuptoarele de cărămidă, căldura sensibilă a gazelor de ardere este utilizată pentru încălzirea în trepte a cărămizilor uscate. La unele fabrici de cărămizi, căldura degajată de cărămizile arse, după scoaterea acestora din cuptor, este folosită pentru uscarea cărămizilor crude.

În rafinăriile de petrol, ca și în alte întreprinderi, se utilizează sub diverse forme căldura produselor.

Pe bază de inițiative locale, în unele întreprinderi constructoare de mașini s-au proiectat și realizat recuperatoare ale căldurii gazelor de ardere de la cuptoarele de forjă, efectuîndu-se în aceste instalații preîncălzirea aerului de ardere.

Gradul de recuperare a resurselor energetice secundare din instalațiile existente va putea crește foarte mult în următorii ani, prin asimilarea fabricației echipamentelor de recuperare necesare de către întreprinderile noastre constructoare de mașini.

*

În cele ce urmează se examinează unele aspecte ale utilizării energiei electrice.

La nivelul anului 1963, în balanța consumului de energie electrică a R.P.R., ponderea industriei noastre în plină dezvoltare a reprezentat 76,4% din consumul net intern de energie electrică.

Înzestrarea muncii cu energie electrică este în continuă creștere, consumul de energie electrică pe muncitor industrial atingînd 6 028 kWh față de numai 2 128 kWh în 1950.

În tabela 4 este redat nivelul de dotare cu energie electrică a diferitelor sectoare industriale în 1963.

Tabela 4

	Puterea instalată, MW	Puterea instalată/100 muncitori, kW	Consumul de energie electrică/muncitor, kWh
Combustibil	642	819	15 194
Metalurgie feroasă (inclusiv extracție)	627	1 101	15 708
Metalurgie neferoasă (inclusiv extracție)	165	359	8 382
Construcții de mașini	863	334	3 823
Chimie	528	961	25 733
Materiale de construcții	230	552	12 225
Exploatarea și prelucrarea lemnului	239	136	1 504
Celuloză și hîrtie	185	1 158	27 155
Sticlă, porțelan, faianță	23	131	2 711
Textile	152	112	2 982
Pielărie, blănărie, încălțăminte	34	101	1 076
Alimentară	247	267	3 422
Poligrafie	18	106	1 020

Extinderea electrificării proceselor de producție a făcut posibilă automatizarea și telemecanizarea unor procese tehnologice, îmbunătățirea condițiilor de muncă și obținerea de produse de calitate superioară.

Întrucît ponderea principală în consum revine întreprinderilor industriale, ca și în cazul combustibililor, atenția în promovarea măsurilor de economisire a energiei electrice a fost îndreptată în primul rînd spre industrie.

Pentru asigurarea îndrumării competente și a controlului folosirii eficiente a energiei electrice, în 1954 a fost înființată, ca organ central de stat, Inspecția energetică, ale cărei atribuții au fost ulterior extinse pentru cuprinderea sub controlul său a utilizării tuturor formelor de energie. Cu sprijinul acesteia la finele anului 1963 erau întocmite planuri MTO pentru economisirea energiei în 1 474 întreprinderi, din 1 599 întreprinderi existente, urmărirea realizării măsurilor prevăzute fiind în continuă îmbunătățire.

Începînd din anul 1955, au fost aplicate măsuri sistematice pentru îmbunătățirea factorului de putere al consumatorilor alimentați din rețelele sistemului energetic. Cointeresarea materială a întreprinderilor industriale a fost asigurată prin introducerea unui sistem de bonificări și penalizări la tariful de energie electrică.

Pentru îmbunătățirea factorului de putere al consumatorilor industriali, s-au folosit pe scară largă atît mijloace naturale de compensare, cît și compensarea artificială a energiei reactive. A fost promovată introducerea motoarelor sincrone la acționarea pompelor de apă și noroi, a compresoarelor și a altor utilaje.

Ca urmare a acțiunilor susținute duse în vederea ameliorării factorului de putere, a fost înregistrat un salt, nivelul atins fiind comparabil cu realizările cele mai bune din alte țări.

Se redă mai jos dinamica valorii factorului de putere mediu al consumatorilor industriali.

Anul	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
cos φ mediu	0,69	0,76	0,78	0,80	0,825	0,86	0,891	0,894	0,917

Succesele obținute sînt legate de crearea bazei materiale necesare prin organizarea în întreprinderile electrotehnice a producției în serie de condensatoare statice și de motoare sincrone.

Întrucît de îmbunătățirea formei curbei de sarcină a sistemului energetic, prin reducerea vîrfurilor și sporirea sarcinii în orele de gol, depinde economicitatea funcționării centralelor și rețelelor electrice și uneori chiar posibilitatea de acoperire a cererilor de consum, reglajului curbei de sarcină i s-a acordat o atenție deosebită.

Printre metodele larg utilizate în întreprinderile industriale pentru reducerea consumului în orele de vîrf de sarcină este funcționarea utilajelor cu mers discontinuu pe bază de grafic, astfel încît acestea să nu lucreze în orele de vîrf și în special ale celui de seară.

Apreciind faptul că curba de sarcină este un mijloc eficient de urmărire a modului în care sînt folosite utilajele și a aplicării procedeelor tehnologice înaintate, în unele întreprinderi industriale a fost organizată urmărirea în secții a modului de utilizare a mașinilor, s-au stabilit îmbunătățiri care trebuie aduse în organizarea producției și s-a organizat preluarea schimburilor din mers, astfel încît să se asigure utilizarea maximă a energiei electrice disponibile în perioadele de gol de sarcină ale sistemului energetic.

O influență favorabilă asupra formei curbei de sarcină o are programarea lucrărilor de întreținere a utilajelor în orele de vîrf de sarcină, ca și oprirea cu precădere în reparație a utilajelor mari consumatoare de energie electrică, cum ar fi cuptoarele de carbid, laminoare, instalații din rafinării ș.a. în perioada vîrfului de iarnă.

Din analiza curbei de sarcină a marilor consumatori industriali pe trim. IV.1963, rezultă ca efect direct al acțiunilor duse pentru reglarea curbei de sarcină o creștere cu 16,2% a puterii medii absorbite de aceștia în schimbul III și de numai 9,7% în schimbul II față de trim.IV. 1962. Raportul dintre puterile medii absorbite în schimbul III și în schimbul I a crescut de la 0,92 la 0,944.

În ultimii ani s-au făcut studii detaliate privind reglajul curbei de sarcină cu ajutorul „consumatorilor-tampon" de energie electrică. În baza acestor studii s-a ajuns la concluzia că este economic avantajos să se supradimensioneze unele instalații la consumatori, astfel încît acestea să poată fi oprite în orele vîrfului de sarcină, fără ca prin aceasta să se reducă capacitatea de producție proiectată inițial a instalațiilor. Deși prin crearea de consumatori-tampon se reduce numărul de ore de utilizare a agregatelor respective, crește gradul de utilizare și economicitatea funcționării centralelor electrice, ceea ce, la nivelul economiei naționale, se dovedește a fi mai eficient.

În prezent funcționează în regim de consumator-tampon prima etapă a fabricii de acetilenă de la Combinatul chimic Borzești. Prin intercalarea unui gazometru de 50 000 m^3 pentru acumularea gazelor cracate, acest consumator are asigurat un regim de funcționare a cracării electrice a gazului metan numai în afara orelor de vîrf de sarcină. Consumul în afara orelor de vîrf ajunge pînă la 22 MW.

De asemenea, cuptorul de carbid nr. 4 de la Combinatul chimic Tîrnăveni, cu o putere maximă de 36 MW, intrat în funcțiune spre finele anului 1963, a fost conceput a funcționa în regim de consumator-tampon, cu evitarea orelor de vîrf de dimineață și de seară.

Sînt în curs de trecere la funcționare în regim de consumatori-tampon morile de pastă și ciment din fabricile de ciment, pompări de apă, cuptoare de tratament, cuptoare electrice etc.

★

Pentru reducerea pierderilor în rețelele electrice se introduc tensiunile înalte în centrul de greutate al consumului. O realizare interesantă este alimentarea cuptorului de carbid nr. 4 de la Tîrnăveni, printr-un transformator special de 40 MVA, avînd tensiunea primară de 110 kV, iar cea secundară de 110–260V.

De asemenea, în majoritatea întreprinderilor industriale, rețelele de distribuție de joasă tensiune au fost trecute la tensiuni superioare. Operaţii analoge s-au făcut şi în unele reţele de distribuţie urbane, trecîndu-se de la 5, respectiv 6 kV, la 10 kV.

*

Economii importante au putut fi obţinute prin alegerea judicioasă a agenţilor energetici utilizaţi în procesele tehnologice. Astfel, prin înlocuirea de scule acţionate pneumatic prin scule acţionate electric, prin folosirea de aer de ventilator în locul aerului comprimat, prin producerea aerului suflant cu turbosuflante în locul compresoarelor cu piston, prin înlocuirea acetilenei cu gaz metan la tăierea metalelor ş.a.

În acelaşi timp, studii întocmite pentru raţionalizarea gospodăriei energetice a unor rafinării au condus la concluzia că prin înlocuirea acţionărilor cu abur prin acţionări electrice se poate realiza o îmbunătăţire remarcabilă a randamentului de utilizare a combustibililor.

*

Pentru ridicarea randamentului de utilizare a energiei electrice la fabricarea transformatoarelor de forţă, se utilizează în proporţie sporită tole din tablă laminată la rece, care asigură realizarea de pierderi reduse. La iluminatul public, general şi în industrie, becurile cu incandescenţă sînt înlocuite cu tuburi fluorescente sau cu lămpi cu vapori de mercur, care au randamente superioare.

O mare atenţie se acordă reducerii pierderilor de energie electrică în reţelele de distribuţie, pierderilor datorită neetanşeităţilor în reţelele de aer comprimat, la cuptoarele electrice şi la secţiile de electroliză.

Prin introducerea unor procedee tehnologice moderne, ca sudarea electrică automată în locul celei manuale, s-au obţinut reduceri ale consumului de energie electrică de circa 60%.

*

Introducerea cu începere din anul 1963 a noilor tarife pentru energia electrică a creat condiţii stimulatoare pentru o utilizare mai raţională a energiei electrice, prin prevederea pentru diverse categorii de consumatori a unor tarife diferenţiate după orele la care are loc consumul respectiv, astfel încît, în funcţie de grija acordată consumului raţional al energiei electrice, se obţin preţuri de revenire ale acesteia mai mult sau mai puţin convenabile.

*

O pîrghie importantă în sistemul socialist în asigurarea utilizării raţionale a combustibililor, energiei electrice, materiei prime şi a materialelor este normarea consumurilor.

Diverse cercetări pentru stabilirea metodicei normării consumului de energie electrică pe produse, în principalele ramuri industriale, au fost iniţiate începînd din anul 1963.

În 1960 şi în anii următori, întreprinderile mari consumatoare de energie, sprijinite de Institutul de energetică al Academiei R.P.R., Inspecţia energetică şi de institutele de cercetări şi proiectări departamentale au întocmit studii ample, bazate pe bilanţuri energetice, pentru îmbunătăţirea nivelului tehnic al utilizării energiei. Bilanţurile energetice întocmite au servit, în unele cazuri, drept bază pentru stabilirea normelor de consum de energie.

La nivelul anului 1963, au fost normate 87,7% din consumul de combustibil, 80,03% din cel de carburanţi şi 87,7% din consumul de energie electrică, prin planul de stat fiind urmărite la nivelul economiei naţionale 57 norme de combustibil, 11 norme de carburanţi şi 75 norme de energie electrică.

Mai buna gospodărire a combustibililor şi energiei electrice în întreprinderile industriale rezultă din faptul că, faţă de nivelul realizărilor la consumurile specifice normate prin planul de stat în 1959, pe ansamblul ministerelor s-au realizat în 1963 reduceri de 9,33% la combustibil şi, respectiv, 11,8% la energia electrică. Prin aceasta s-au economisit la produsele cuprinse prin norme de stat în 1963 circa 1 400 000 t combustibil convenţional şi circa 460 milioane kWh.

Desigur că prin efortul susţinut al ministerelor interesate şi al Inspecţiei energetice, prin colaborarea strînsă a energeticienilor şi tehnologilor, vor putea fi obţinute noi şi apreciabile rezultate în îmbunătăţirea şi mai departe a gospodăririi combustibilor şi a energiei electrice.

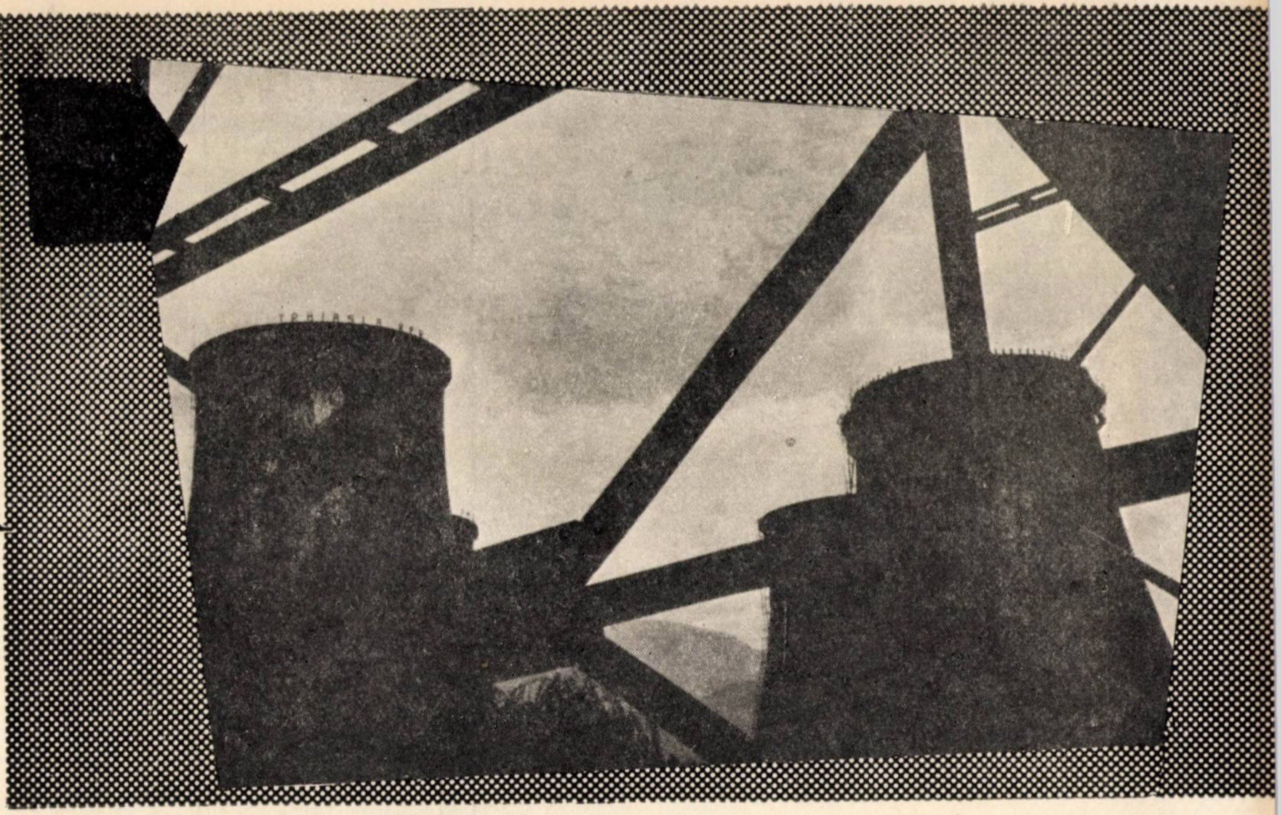
Revista „ENERGETICA”, organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon 21.26.03. Administraţia: „IPROMIN” Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN” — Publicaţille Tehnice M.M.E.E.. cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5.
Tiparul: Întreprinderea „INFORMAŢIA”, Bucureşti — c. 2489.

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

41 401

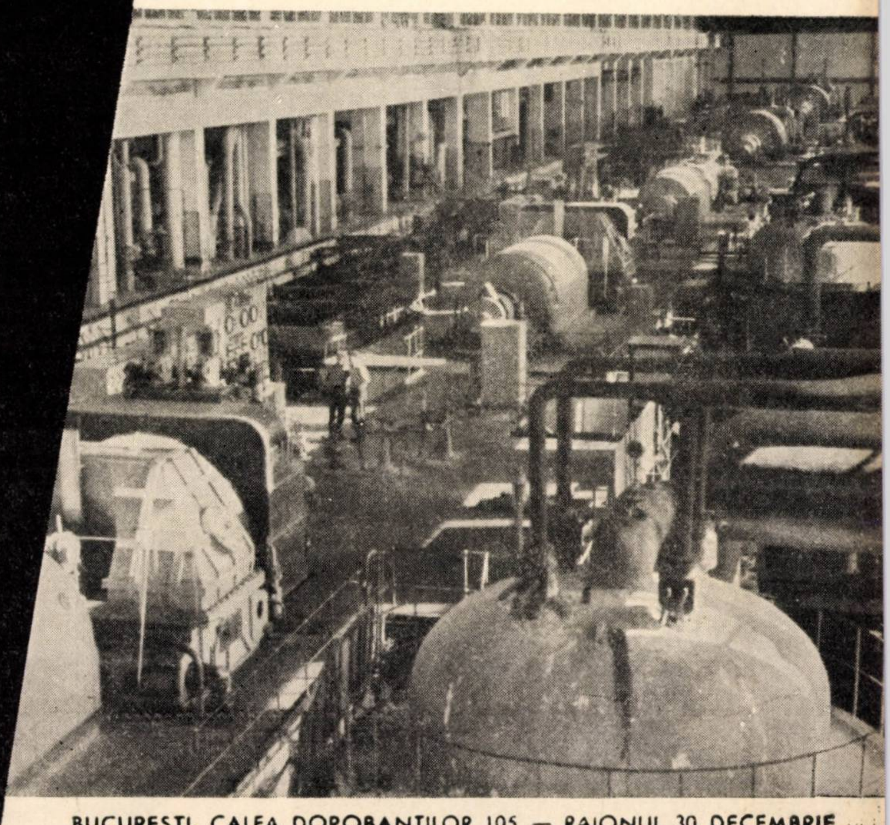
ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

IMCE



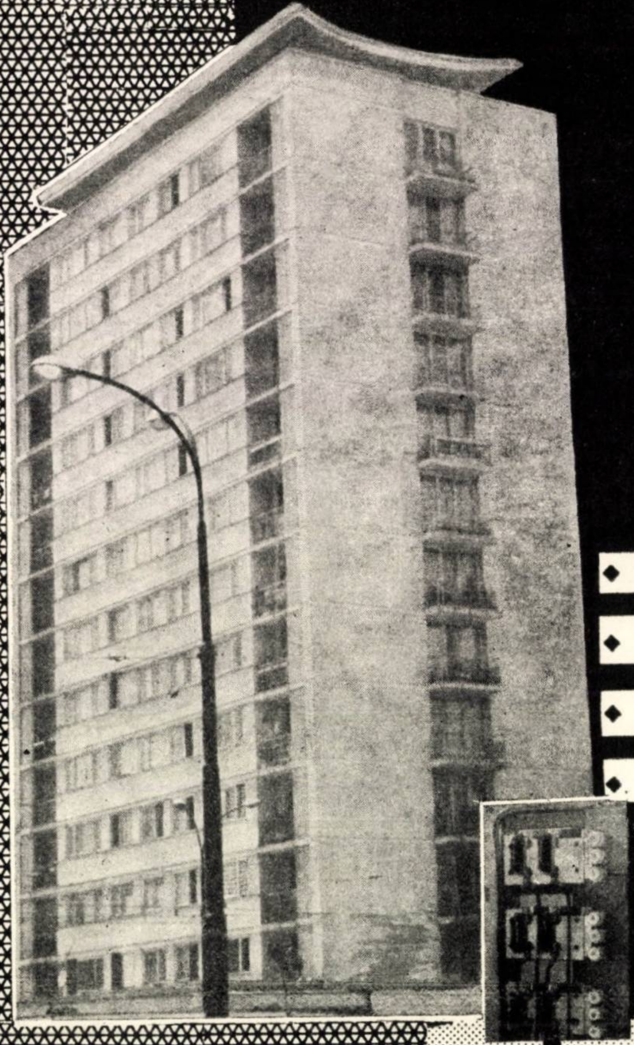
EXECUTĂ
lucrări de montaj de:

- Centrale termoelectrice cu abur și motoare Diesel
- Centrale hidroelectrice
- Compensatoare sincrone
- Instalații electrice de joasă și înaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare a proceselor tehnologice



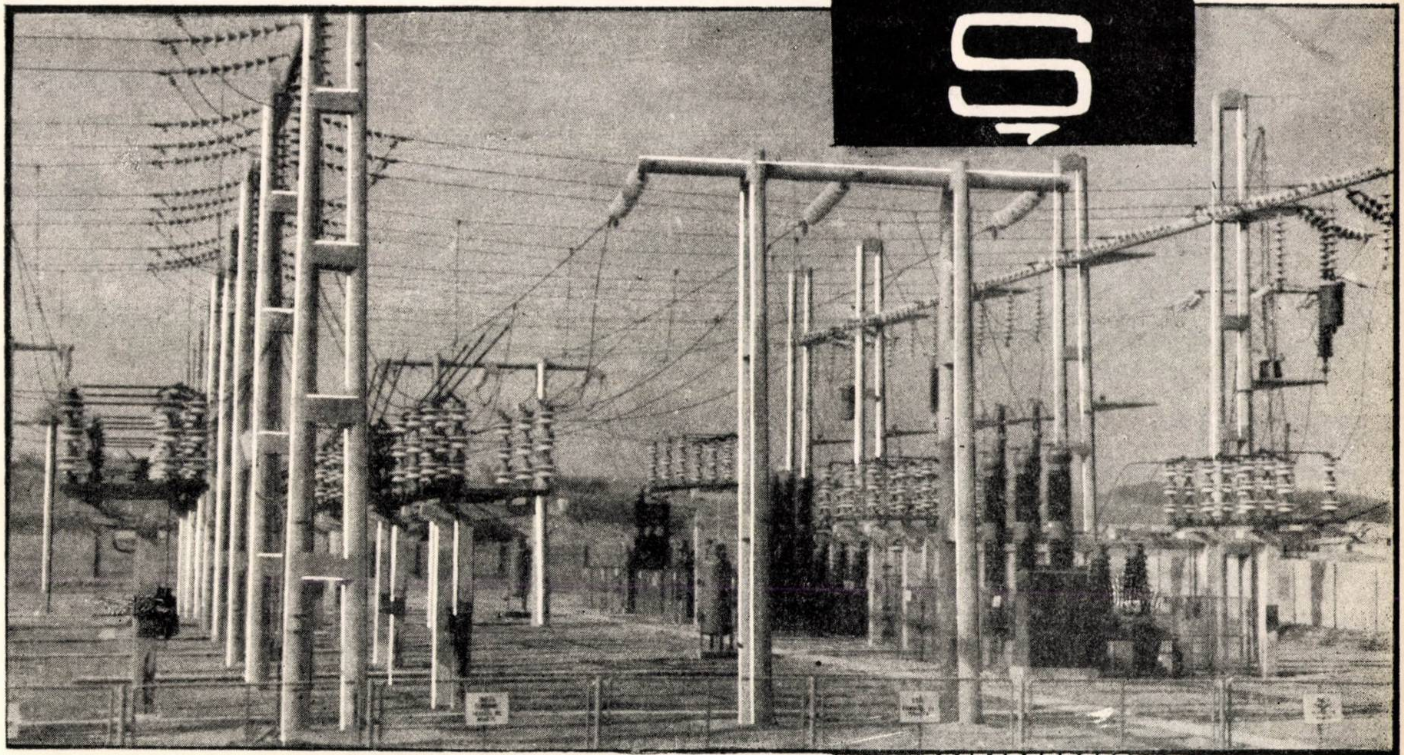
BUCUREȘTI, CALEA DOROBANȚILOR 105 — RAIONUL 30 DECEMBRIE
TELEFON 11.14.10

IDEB



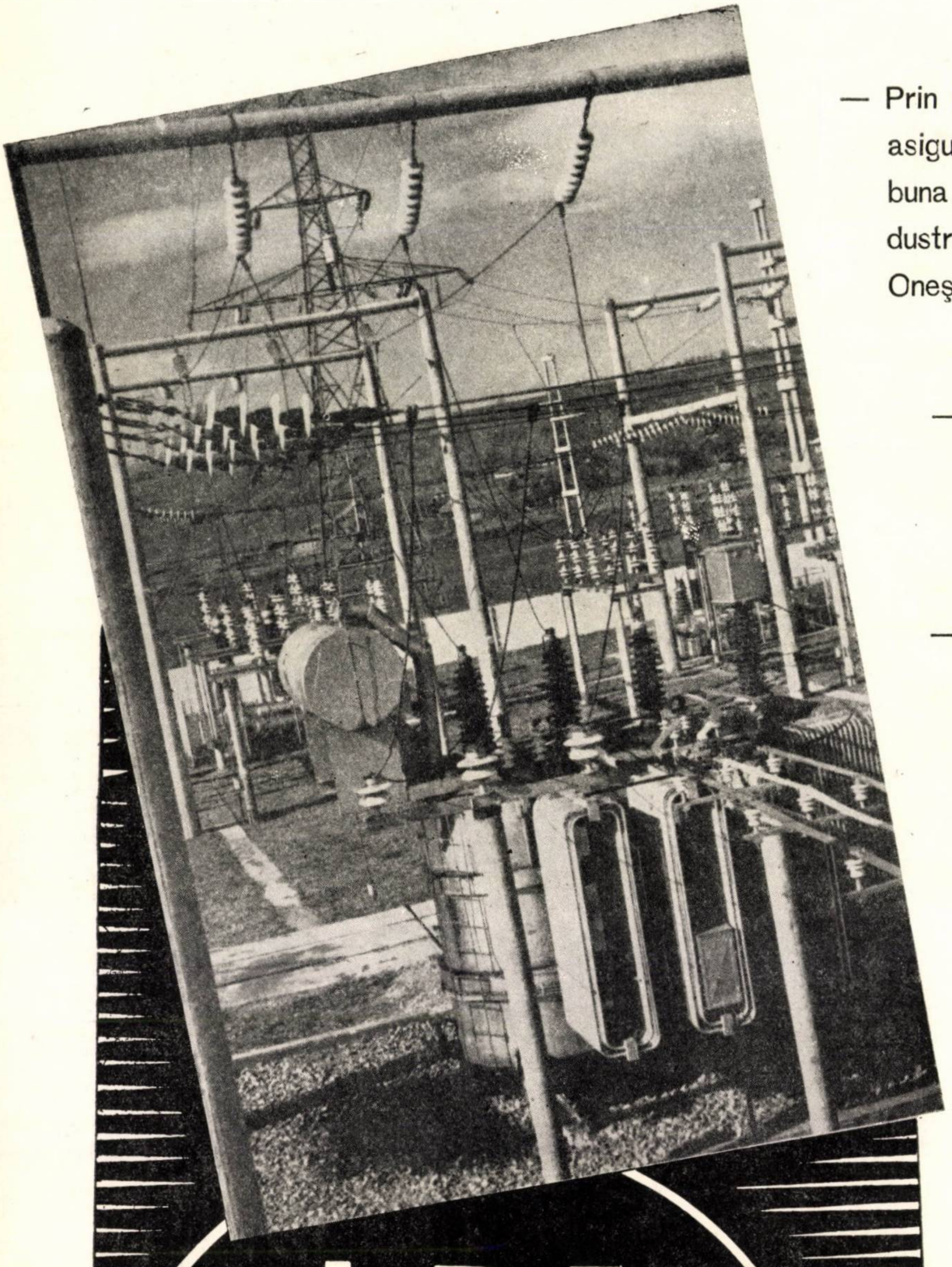
- PROIECTEAZĂ
- EXECUTĂ
- ÎNTREȚINE
- EXPLOATEAZĂ:
  - instalații de distribuție
  - instalații de alimentare cu energie electrică

IRE ARGEŞ



- ASIGURĂ BUNA SERVIRE A CONSUMATORILOR CU ENERGIE ELECTRICĂ
- EXECUTĂ REȚELE ȘI POSTURI DE MEDIE TENSIUNE, BRANȘAMENTE ȘI INSTALAȚII INTERIOARE.

ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE
ARGEŞ — PITEȘTI
BULEVARDUL REPUBLICII NR. 146 ◆ TELEFON 2900



— Prin LEA de 220 şi 110 kV, asigură cu energie electrică buna servire a centrelor industriale din Roznov, Borzeşti, Oneşti etc.

— Dispune de instalaţii moderne cu înalt grad de automatizare.

— Prin sectorul de construcţii şi montaj, proiectează şi execută linii electrice, posturi de transformare, electrificări rurale.

IRE

BACĂU

I.R.E. OLTENIA—CRAIOVA

ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE
OLTENIA
STR. BRESTII NR. 5 ◆ CRAIOVA ◆ TELEFON 4096—164

Produce și distribuie

energie electrică la orice categorie de consumatori

Execută

rețele electrice de medie și joasă tensiune pentru electrificări rurale

Execută

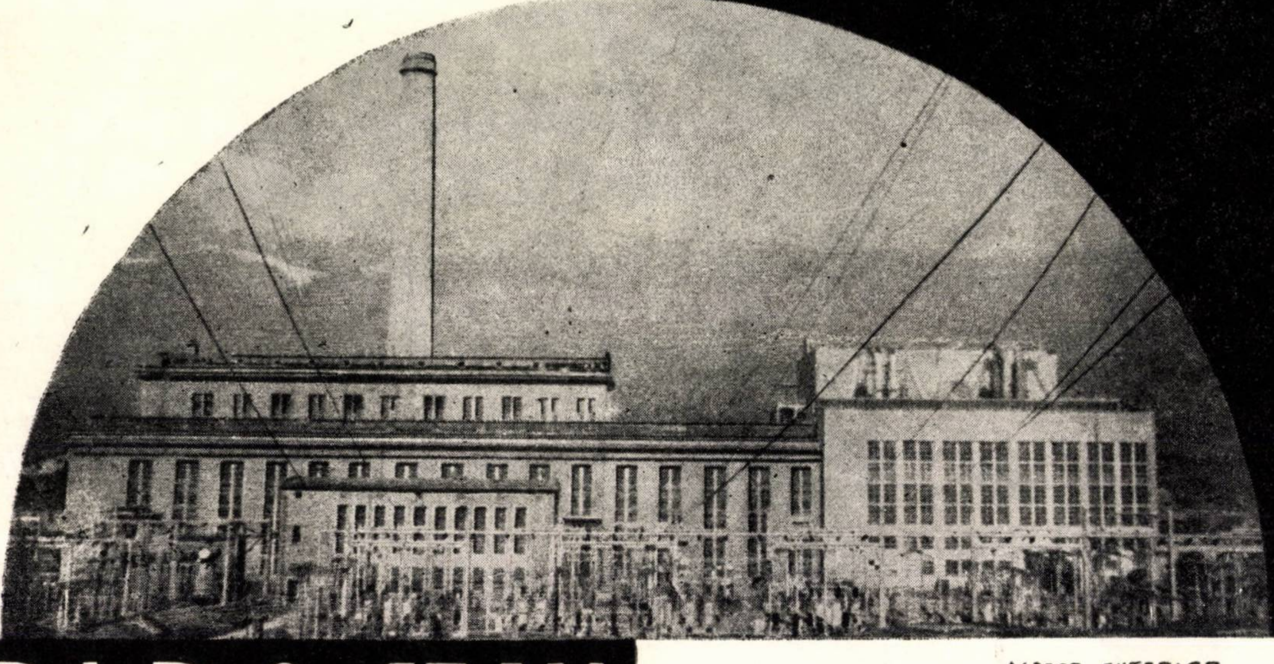
instalații interioare în mediul urban și rural

Stația 110/35/6/15 kV Craiova

Proiectează

rețele, posturi și stații de transformare pentru tensiuni pînă la 110 kV inclusiv.

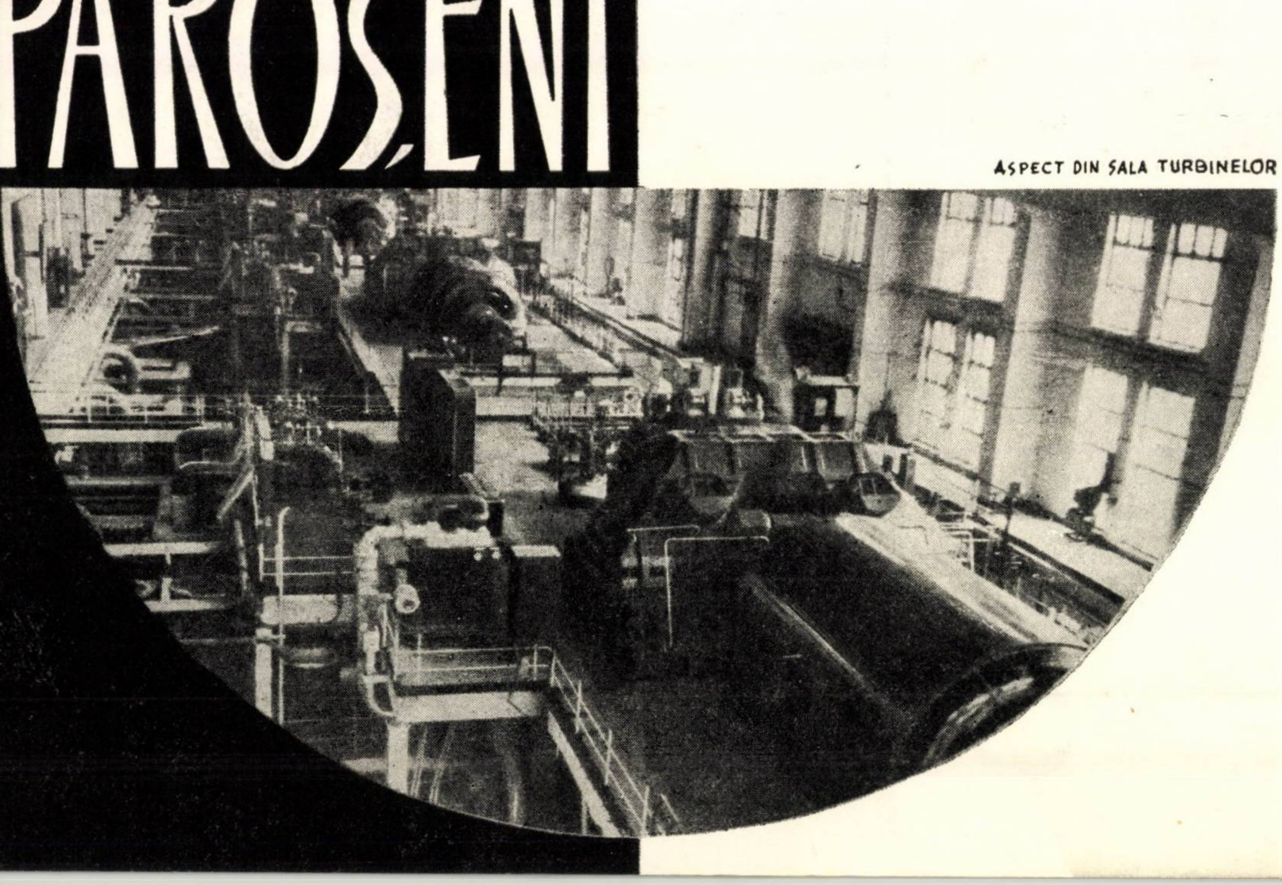
INTREPRINDEREA CENTRALA TERMOELECTRICĂ



ASPECT EXTERIOR

PAROȘENI

ASPECT DIN SALA TURBINELOR

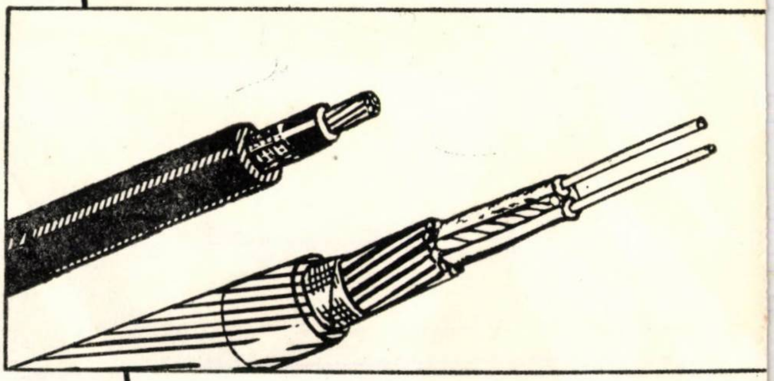


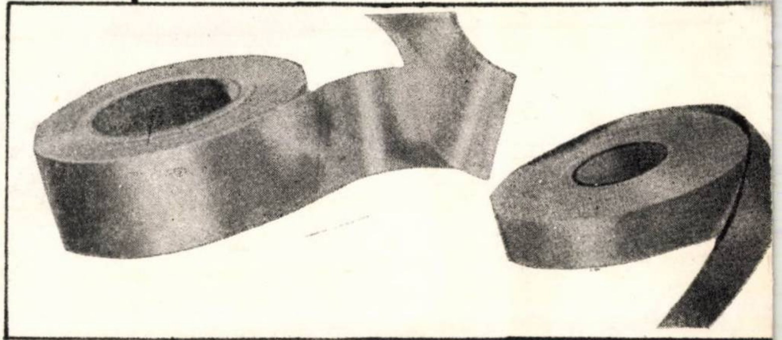
FABRICA DE RADIATOARE ȘI CABLURI BRAȘOV

Livrează:

- Radiatoare pentru vehicule auto
- Radiatoare pentru locomotive diesel electrice
- Radiatoare pentru tractoare
- Radiatoare pentru motoare stabile
- Cabluri de grosimi diferite pentru macarale, funiculare, screpere, buldozere, ascensoare
- Conductori de aluminiu neizolați și funii de aluminiu pentru linii de înaltă și joasă tensiune

FABRICA DE CABLURI ŞI MATERIALE ELECTROIZOLANTE





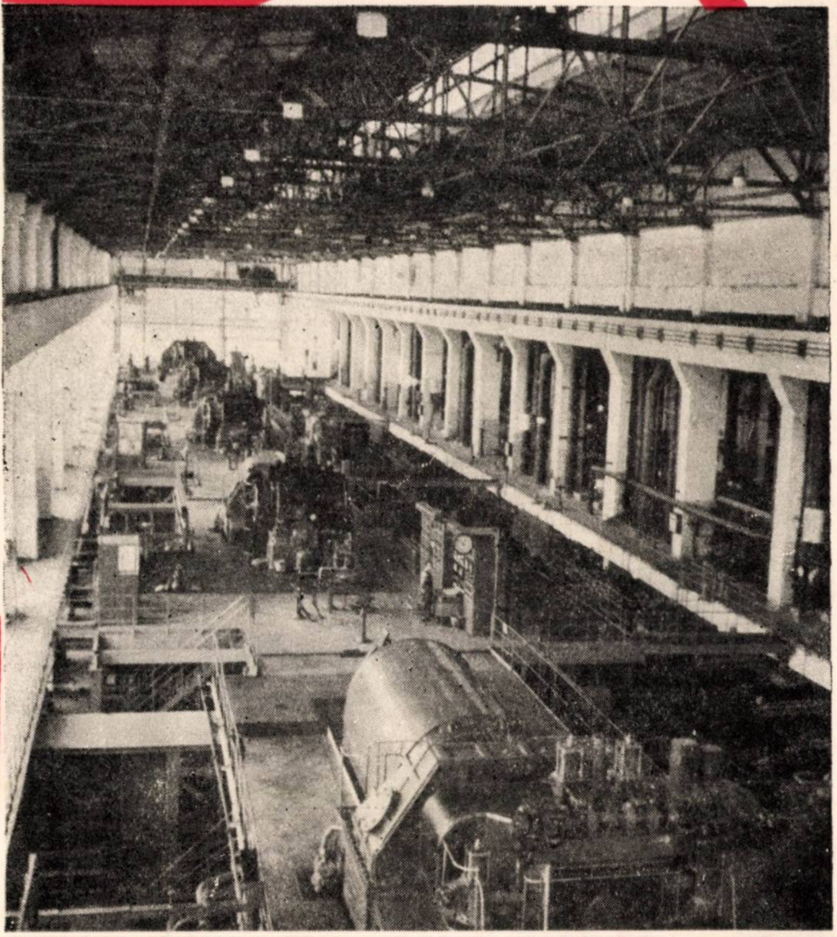
produce:

- Conducte pentru telecomunicaţii
- Produse pe bază de mică
- Lacuri electroizolante
- Conductoare de bobinaj izolate cu email şi fire de sticlă
- Cabluri de forţă cu izolaţie de hîrtie şi mase plastice
- Cabluri de măsură, comandă şi control
- Cabluri telefonice
- Conducte electrice pentru instalaţii fixe şi mobile cu izolaţie din cauciuc şi mase plastice

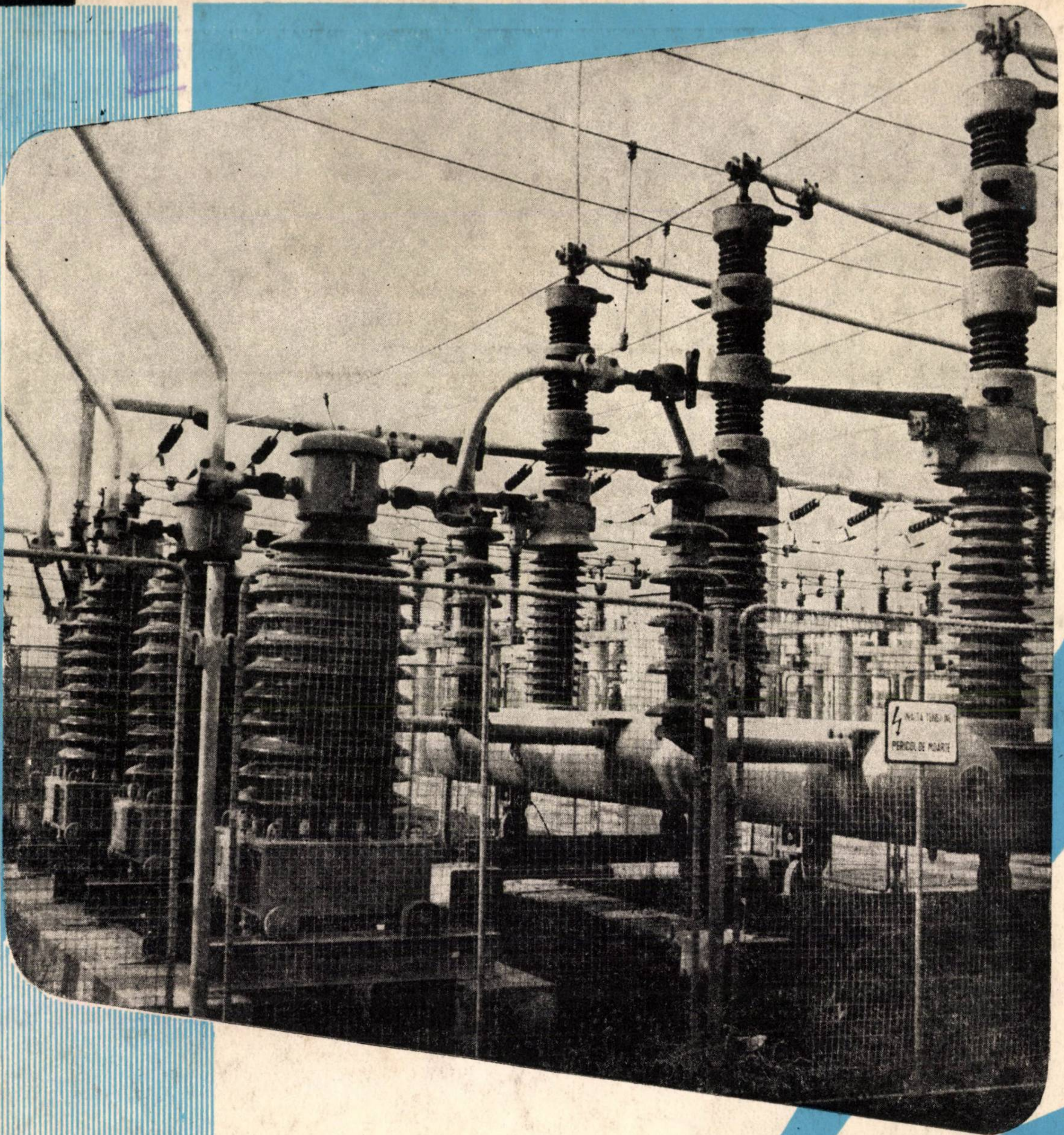
BUCUREŞTI, ŞOSEAUA GĂRII CĂŢELU, Nr. 4 — RAIONUL T. VLADIMIRESCU, Telefon 21.20.10

NTREPRINDEREA CENTRALĂ TERMOELECTRICĂ
„STEAUA ROȘIE"

Comuna FÎNTÎNELE RAIONUL TG. MUREȘ
REGIUNEA MUREȘ - AUTONOMĂ MAGHIARĂ



VEDERE GENERALĂ A SECȚIEI TURBINE


PERICOL DE MOARTE

INTREPRINDEREA
CENTRALA TERMOELECTRICĂ
LUDUȘ

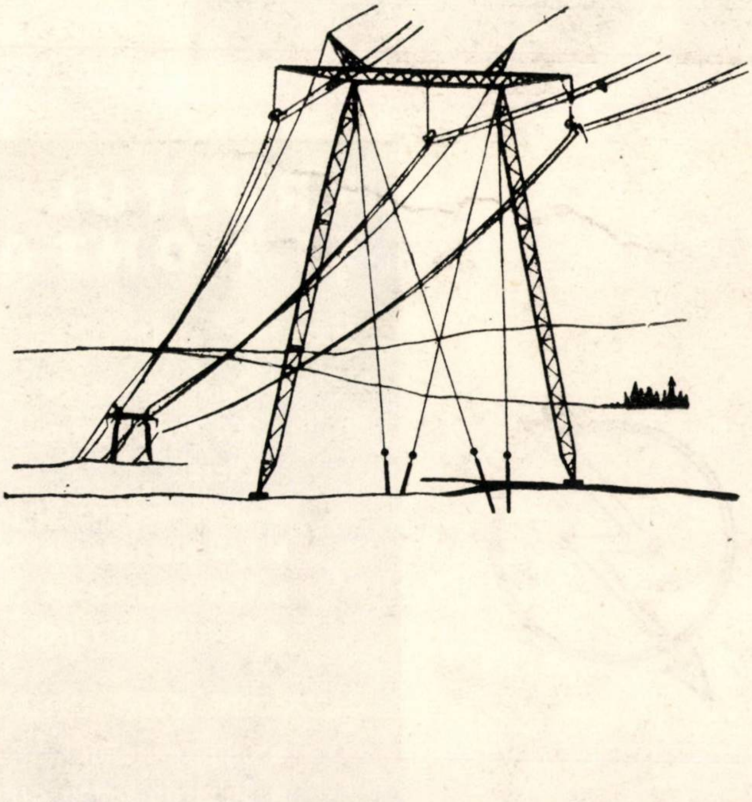
E 2039

REFERÁLVA

R

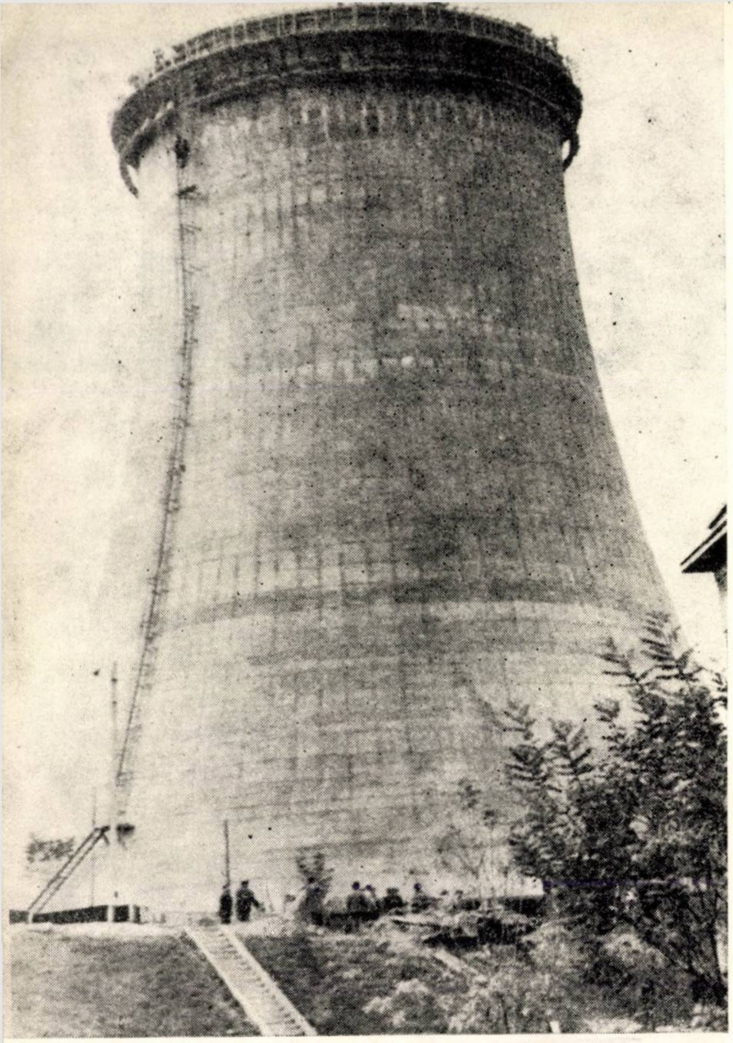
ENERGETICA

VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 9 ★ ENERGETICA



9

BUCUREȘTI ★ SEPTEMBRIE ★ 1964



T
C
M
E

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unităţile sale de construcţii şi montaj:

- Centrale termoelectrice şi de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Staţii electrice şi posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuţie.
- Electrificări rurale

Produce prin unităţile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionaţi.
- Celule şi panouri pentru centrale şi staţii electrice.
- Posturi de transformare urbane şi rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, staţii, posturi de transformare şi linii electrice de transport şi distribuţie.

BUCUREŞTI, CALEA MOŞILOR 158 — TELEFON 16.63.30

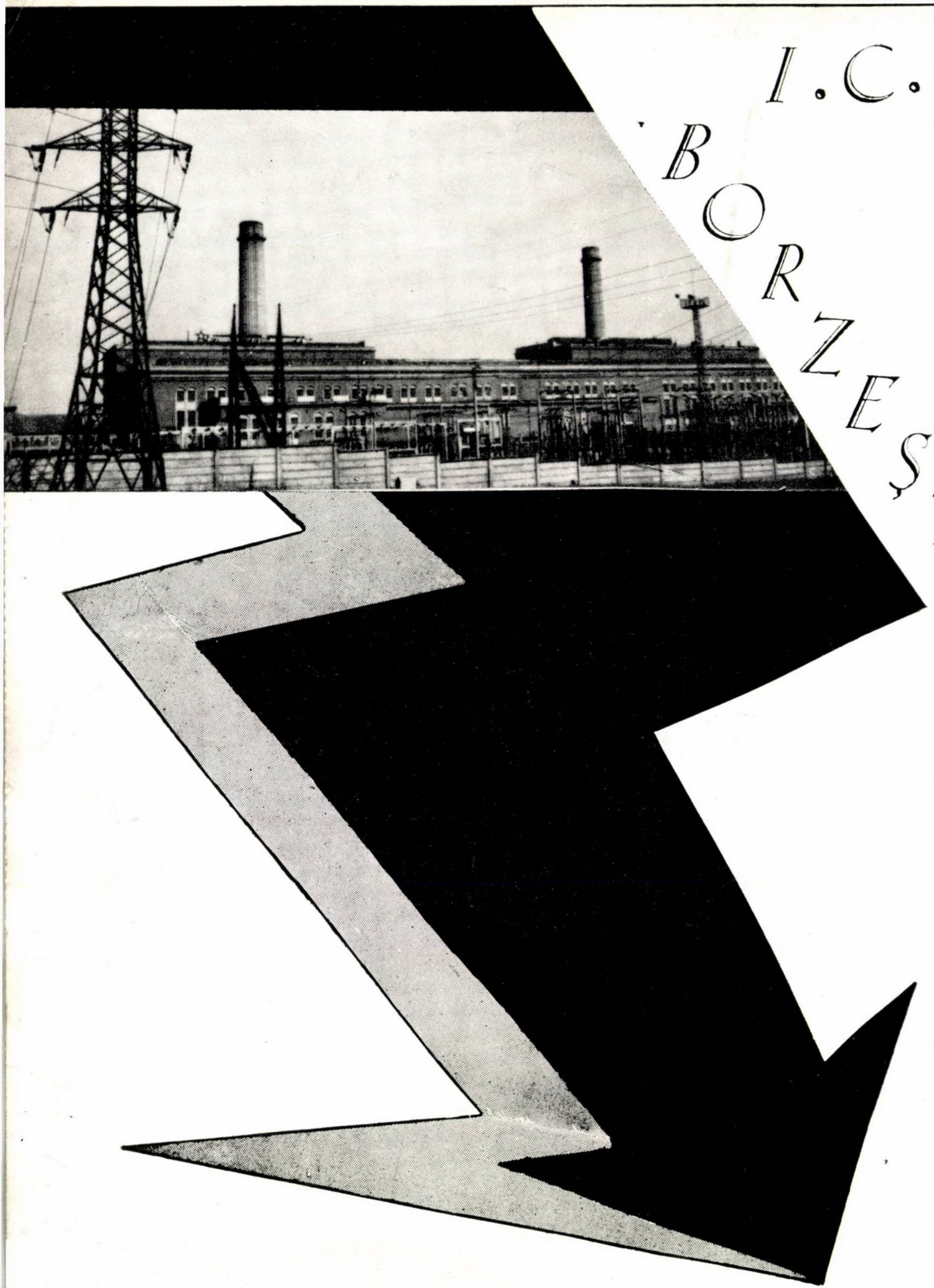
EXECUTĂ
lucrări de montaj de:

- **Centrale termoelectrice cu abur și motoare Diesel**
- **Centrale hidroelectrice**
- **Compensatoare sincrone**
- **Instalații electrice de joasă și înaltă tensiune**
- **Instalații de măsură, control și automatizare a proceselor tehnologice**

IMCE

BUCUREȘTI
CALEA DOROBANȚILOR 105
RAIONUL 30 DECEMBRIE
TELEFON 11.14.10

I.C.T. BORZEŞTI



Întreprindere producătoare de energie electrică şi termică, înzestrată cu echipamente şi instalaţii moderne:

Prin procesul de producţie întreprinderea asigură:

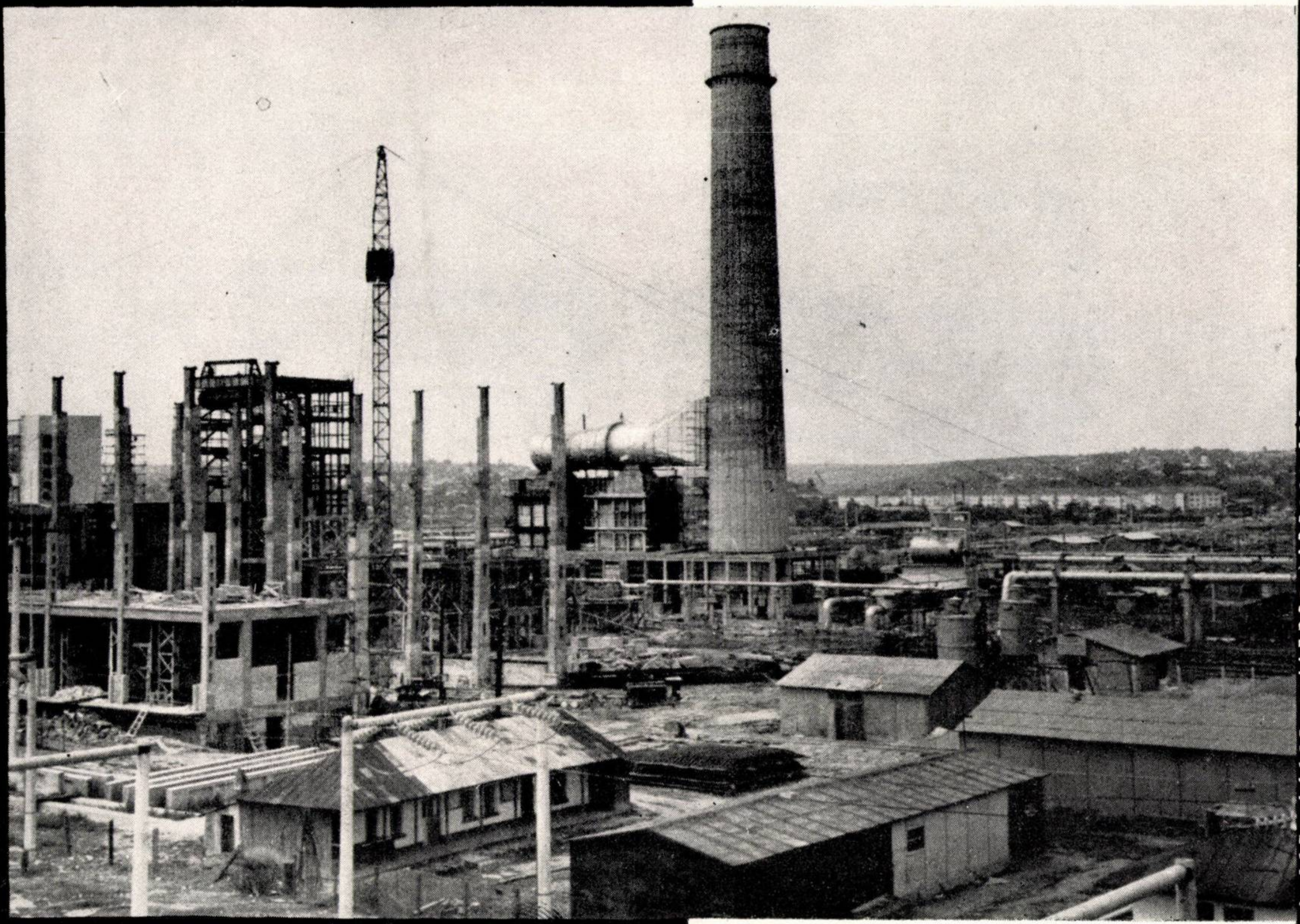
- alimentarea cu energie electrică şi termică a consumatorilor industriali din Complexul petrochimic Borzeşti—Oneşti
- termoficarea oraşului muncitoresc Oneşti

Întreprinderea este interconectată la sistemul energetic naţional, căruia îi furnizează energie electrică

CENTRALA ELECTRICĂ DE TERMOFICARE IAȘI

va furniza:

- energie electrică în zona industrială a orașului Iași
- abur pentru scopuri industriale



va fi echipată cu:

- două turboagregate de cîte 25 MW
- trei cazane de abur cu debit 120 t/h, 100 at și 540°C
- două cazane de apă fierbinte de 100 Gcal/h
- instalații moderne de automatizare și telecomandă

C.E.T. IAȘI

ETAPA ÎN CONSTRUCȚIE

INTREPRINDEREA REGIONALA DE ELECTRICITATE
PLOIESTI

IREP

CU SEDIUL IN CIMPINA STR. CULTURII NR. 33.
TELEFON 2150; 2151.

Deranjamentele se remediază în timp scurt prin folosirea stației mobile de emisie — recepție

PROIECTEAZA EXECUTA SI EXPLOATEAZA :

- POSTURI SI STATII DE TRANSFORMARE
- LINII ELECTRICE AERIENE SI SUBTERANE DE TRANSPORT ȘI DISTRIBUTIE
- INSTALATII DE ILUMINAT EXTERIOR
- INSTALATII ELECTRICE INTERIOARE

ILUMINATUL PASAJULUI PLOIESTI SUD

1883

ENERGETICA

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
383

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 9 SEPTEMBRIE

Cuprins

Matyas E. :	**Pregătirea şi organizarea lucrărilor de inventariere şi reevaluare a fondurilor fixe**	457—460
Iftime P. şi *Roşca P.* :	**Consideraţii şi realizări privind productivitatea muncii în sectorul energetic**	461—465
Golici D. :	**Unele rezultate privind funcţionarea turnurilor cu tiraj forţat în condiţiile R.P.R.**	465—471
Nicolau I. :	**Reglarea automată a unei turbine cu abur**	472—476
Barbu I., Novac C. şi *Grigorescu P.* :	**O importantă sursă secundară de energie: răcirea uscată a cocsului**	476—480
Chercea Gh. :	**Consecinţele cunoaşterii imperfecte a transmisiei de căldură în camerele de ardere ale cazanelor de abur care funcţionează pe gaz metan şi posibilitatea înlăturării lor**	480—482
Zimand R. :	**Relee-filtru de componente simetrice inverse**	482—487
Iliesi Gh. şi *Mateescu T.*	**Locator de defecte în cabluri prin metoda impulsurilor**	488—494
DIN EXPLOATARE		
Satrapeli T. :	**Aspecte privind realizarea şi exploatarea schemelor protecţiei maximale direcţionale**	494—496

CRONICĂ

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

Intreprinderea

CENTRALĂ

TERMOELECTRICĂ

PAROȘENI

- **CENTRALA TERMOELECTRICĂ PAROȘENI A DAT RECENT ÎN EXPLOATARE UN GRUP ELECTROGEN DE 150 MW, COMPUS DIN:**
  - — Grup electrogen cu o putere de 150 MW. La generator, răcirea rotorului se face cu hidrogen.
  - — Două cazane cu un debit nominal de 270 t/h fiecare, 140 at și 570°C.
  - — Instalație de electrofiltre cu un grad de reținere a cenușii de 98%, la nivelul tehnicii mondiale.
  - — Aparataj cu înalt grad de automatizare, în majoritate electronic.
- **ACEST GRUP ELECTROGEN CONSTITUIE CEA MAI MARE PUTERE UNITARĂ INSTALATĂ PÎNĂ ÎN PREZENT ÎN CENTRALELE ELECTRICE DIN ȚARA NOASTRĂ.**

ENERGETICA

ANUL 12
1964
Nr. 9
SEPTEMBRIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL
CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Pregătirea şi organizarea lucrărilor de inventariere şi reevaluare a fondurilor fixe

Ing. MATYAS EUGEN
adjunct al ministrului
minelor şi energiei electrice

Mijloacele materiale şi băneşti ale întreprinderilor socialiste, folosite în procesul producţiei materiale, formează fondurile acestor întreprinderi. În cadrul acestora, fondurile fixe deţin rolul hotărîtor în determinarea volumului şi proporţiilor producţiei.

Fondurile fixe sînt folosite în forma lor naturală pe parcursul a mai multor cicluri de producţie. Valoarea lor intră în cheltuielile de producţie sub forma cotelor de amortizare stabilite în funcţie de durata medie de folosire.

Nivelul sumelor ce se varsă anual drept amortizări şi se cuprind în preţul de cost al producţiei industriale depinde atît de valoarea de inventar a fondurilor fixe cît şi de mărimea cotelor de amortizare.

În decursul anilor, aceste două elemente de bază, sub influenţa directă a unor factori obiectivi, afectează în mod diferit nivelul preţului de cost şi provoacă deosebite greutăţi analizei economice şi în special analizei comparative între rezultatele întreprinderilor cu acelaşi profil.

Astfel, valoarea de inventar a fondurilor fixe este determinată de preţurile de cumpărare ale maşinilor, utilajelor, mijloacelor de transport, precum şi de valoarea de realizare a clădirilor şi construcţiilor. Pe măsura dezvoltării producţiei şi a specializării uzinelor constructoare de maşini, are loc o reducere a cheltuielilor sociale de producţie, ceea ce determină şi o reducere a preţului de vînzare al acestor produse. Reaşezarea preţurilor cu ridicata din anul 1962 la maşinile electrice şi la maşinile-unelte a demonstrat din plin acest fenomen. Se ajunge, astfel, la situaţii ca aceleaşi tipuri de utilaje, cu aceleaşi caracteristici tehnice, achiziţionate în perioade diferite, să fie înregistrate cu valori de inventar diferite.

În foarte multe cazuri, utilaje vechi figurează cu valori de inventar mai mari decît utilajele noi. Asemenea situaţii duc la un volum mare de cheltuieli pentru amortizare şi prin aceasta influenţează în mod negativ preţul de cost în întreprinderile care folosesc utilaje cu astfel de valori. Mai mult chiar, nivelul preţului de cost în aceste întreprinderi creşte şi sub influenţa volumului mare de reparaţii curente şi revizii periodice pe care le necesită utilajele învechite şi cu uzură avansată.

Nivelul mult prea ridicat al valorilor unor asemenea utilaje, în cazul cînd acestea sînt disponibile în întreprinderi, îngreunează şi chiar împiedică efectuarea transferurilor la alte întreprinderi în care ar putea fi folosite. Întreprinderile evită întotdeauna primirea unor fonduri fixe pentru care urmează să suporte amortismente necorespunzătoare.

În acelaşi timp, normele de amortizare se învechesc şi devin după anumite perioade de asemenea necorespunzătoare.

Normele de amortizare actualmente în vigoare în ţara noastră au fost stabilite ţinînd seamă de structura pe care o aveau fondurile fixe în anii 1950—1952 şi de caracteristicile acelor fonduri fixe. În perioada care s-a scurs a avut loc o schimbare esenţială atît prin creşterea rapidă a volumului fondurilor fixe, cît şi prin apariţia unor tipuri noi, moderne, care au dus la schimbări calitative şi la schimbări în structura acestora.

De aceea după scurgerea unei anumite perioade de timp se impune stabilirea unor noi norme de amortizare, care vor trebui să corespundă şi să reflecte schimbările cantitative şi calitative intervenite în economia naţională.

La stabilirea noilor norme de amortizare va trebui să se ţină seamă şi de ritmul rapid al progresului tehnic, care face necesară înlocuirea fără întîrziere a utilajelor învechite, a căror exploatare a devenit neeconomică, cu utilaje noi, la nivelul cel mai ridicat al tehnicii mondiale. Aceasta presupune că la elaborarea noilor norme de amortizare trebuie să se ţină seamă, în anumite limite, şi de efectele uzurii morale asupra duratelor medii de serviciu ale fondurilor fixe.

Recenta reaşezare a preţurilor cu ridicata pentru produsele industriei noastre, în vigoare de la 1 ianuarie 1963, a creat condiţiile necesare pentru realizarea unei reevaluări generale a fondurilor fixe.

H.C.M. nr. 116 din 5 martie 1963 a trasat sarcinile generale organizatorice pentru inventarierea şi reevaluarea fondurilor fixe din economia naţională şi elaborarea propunerilor pentru noile norme de amortizare. Această inventariere şi reevaluare a fondurilor fixe, pe baze ştiinţifice şi unitare, va permite cunoaşterea volumului şi structurii fondurilor fixe în folosinţa întreprinderilor şi va asigura condiţii mai bune pentru îmbunătăţirea planificării şi urmărirea reproducţiei acestora, a reparării lor capitale, modernizării şi reînnoirii lor continue.

Acţiunea, în totalitatea ei, cuprinde etapa de pregătire la nivelul ministerelor şi organelor centrale, etapa de inventariere şi reevaluare propriu-zisă, care urmează să se desfăşoare în întreprinderi şi unităţi bugetare, şi etapa de prezentare şi prelucrare a rezultatelor prin centralizare de la întreprinderi pînă la nivelul economiei naţionale.

Lucrările efectuate în cadrul etapei de pregătire, care au ajuns în fază finală, au urmărit atît realizarea documentaţiei tehnico-economice necesare efectuării inventarierii şi reevaluării fondurilor fixe, cît şi crearea condiţiilor optime pentru ca efectuarea tuturor operaţiilor să aibă loc după o metodologie unitară şi în cadrul termenelor stabilite.

Una dintre cele mai importante lucrări din punct de vedere teoretic şi practic din cadrul acestei prime etape este „Clasificarea fondurilor fixe din economia naţională".

Această lucrare, realizată printr-o largă colaborare a tuturor ministerelor şi organelor centrale, prezintă într-o formă sistematizată totalitatea fondurilor fixe din întreprinderile şi unităţile economiei noastre naţionale.

O astfel de lucrare apare pentru prima oară în ţara noastră. Ea conţine indicaţii şi exemplificări pentru definirea, stabilirea şi delimitarea obiectului de evidenţă. Această problemă este deosebit de importantă şi dificilă. Dificultăţile cele mai mari constau în imposibilitatea stabilirii categorice — în toate cazurile — a obiectului de evidenţă. Aceasta se datoreşte faptului că unele obiecte au roluri diferite în procesul de producţie.

Astfel, aceleaşi utilaje pot fi considerate şi tratate în unele cazuri ca obiecte singulare, avînd un rol bine determinat şi independent de acţiunea altora, iar în alte cazuri ele se încadrează în utilaje complexe ca părţi componente ale acestora. Clasificarea a căutat să rezolve majoritatea cazurilor generale şi comune. Urmează ca, pe baza clasificării şi a indicaţiilor specifice ce se vor da, să rezolvăm şi să prezentăm în mod unitar fondurile fixe specifice ramurilor coordonate de ministerul nostru.

Clasificarea ne va folosi la prezentarea rezultatelor inventarierii şi reevaluării fondurilor fixe. Ea s-a întocmit pe schema unei clasificări zecimale, care urmează să prezinte categoriile de bază, grupele, ramurile economiei, obiectele cu aceeaşi destinaţie tehnologică şi cu durate apropiate şi alte elemente care au format criteriile de care s-a ţinut seamă la sistematizarea materialului din conţinut.

Pe prima treaptă a clasificării se prezintă, la fel ca şi în vechea clasificare, cele 9 categorii de fonduri fixe.

Faţă de vechea împărţire a fondurilor fixe pe categorii, noua împărţire aduce unele completări şi modificări de conţinut.

Dezvoltarea clasificării merge în amănunt prezentînd obiectul de evidenţă în treptele ei analitice, începînd uneori de la treapta a 4-a pînă la treapta a 8-a sau a 9-a.

Treptele intermediare 2—6 (respectiv 7 sau 8) grupează fondurile fixe după caracteristicile lor principale.

Sub această formă, clasificarea fondurilor fixe va folosi exclusiv la sistematizarea rezultatelor ce se vor obţine în operaţia de inventariere şi reevaluare. Evidenţa contabilă va rămîne organizată pe baza clasificării prevăzute de Decretul nr. 555/1953.

O altă lucrare executată în etapa de pregătire este „Catalogul duratelor de serviciu normate ale fondurilor fixe".

Această lucrare indică duratele de serviciu normate pe grupe alcătuite din fonduri fixe care au aceeaşi destinaţie tehnologică şi durate de serviciu aproximativ egale. Catalogul este sistematizat pe baza schemei de clasificare.

Acest catalog urmează să fie folosit în special la stabilirea uzurii fondurilor fixe cu ocazia inventarierii şi reevaluării propriu-zise. De asemenea, catalogul duratelor de serviciu normate, precum şi materialul documentar pe baza căruia s-a întocmit, va constitui punctul de plecare a analizei ce se va desfăşura în vederea fundamentării normelor de amortizare.

Catalogul duratelor de serviciu normate s-a executat pe baza unor studii de amănunt a duratelor efective şi preliminate a unor fonduri fixe individuale, considerate reprezentative pentru grupele din care fac parte. Materialul documentar, atît în ceea ce priveşte durata efectivă a fondurilor fixe casate în ultimii 10 ani cît şi în ce priveşte durata preliminată a fondurilor fixe în funcţiune, s-a întocmit cu sprijinul direct al unor întreprinderi considerate de asemenea reprezentative prin profilul şi înzestrarea lor tehnică.

Duratele s-au stabilit atît în funcţie de efectele uzurii fizice cît şi ale uzurii morale.

Materialul documentar constituit pentru această lucrare, în cadrul unităților noastre, a confirmat faptul că duratele de serviciu normate pentru clădirile energetice trebuie să fie mai mici decît duratele rezultate din considerarea uzurii fizice. Asupra acestor clădiri acționează în mod evident uzura morală, atît în mod direct, prin evoluția elementelor constructive, cît și indirect, ca urmare a modernizărilor (reducerea gabaritelor și introducerea unor procedee tehnologice avansate) suportate de echipamentele și instalațiile ce le adăpostesc.

Duratele de serviciu normate ale agregatelor energetice din centralele electrice s-au stabilit ținînd seamă de principalii factori care determină uzura fizică (temperatura, presiunea, coroziunea, vibrațiile etc.), de modificarea structurii materialelor determinată de agenții externi („îmbătrînirea" materialelor) și de creșterea deformațiilor permanente în dauna deformațiilor elastice.

În ramura minieră, o atenție deosebită s-a acordat construcțiilor speciale miniere. Pentru acestea, deși s-au stabilit durate normate în funcție de duratele efective medii pe tipuri de zăcăminte și moduri de susținere, totuși acestea vor servi ca orientare numai pentru determinarea gradului de uzură a construcțiilor miniere în funcțiune.

Analiza ce se va face în vederea stabilirii normelor de amortizare pentru aceste fonduri fixe va fi axată însă pe durata construcțiilor miniere, determinată de volumul rezervelor industriale și capacitatea de exploatare.

Principiul de stabilire a duratelor de serviciu normate a construcțiilor speciale miniere (subterane și de suprafață), în funcție de volumul și de durata de exploatare a rezervelor, îl considerăm cel mai nimerit în această perioadă de dezvoltare a industriei miniere. Acest principiu are avantajul că va stimula în mod special studiul aspectelor economice în faza de proiectare a minelor, va conduce la amortizarea integrală a fondurilor investite și va crea condițiile necesare pentru stabilirea în mod real a prețului de cost efectiv al produselor miniere.

Principalele instrumente cu ajutorul cărora se va efectua operația propriu-zisă de reevaluare sînt, însă, cataloagele cu valori de înlocuire. Întocmirea acestora a pretins cel mai mare efort din partea organelor elaboratoare. Un număr de aproximativ 60 mii de utilaje s-au cuprins într-un număr de 100 cataloage (unele din acestea avînd două sau mai multe volume). Numărul pozițiilor din cataloage este mai mare, deoarece din considerente de ordin practic unele utilaje complexe s-au prezentat cu valori distincte pentru toate părțile lor componente.

Separat de acestea s-au întocmit 35 de cataloage pentru reevaluarea clădirilor și construcțiilor. Acestea, spre deosebire de cataloagele de utilaje, prezintă indicatori valorici pe unități de măsură specifice construcțiilor.

Ministerul nostru a coordonat elaborarea a 17 cataloage (11 de utilaje și 6 de clădiri și construcții). Elaborarea acestora a avut loc în cadrul sau sub coordonarea institutelor de proiectare (ISPE, IPROMIN și ISPH), cu concursul unor specialiști din minister și din întreprinderile din București.

Cele 17 cataloage cuprind marea majoritate a fondurilor fixe specifice ramurilor principale coordonate de ministerul nostru.

Toate cataloagele sînt însoțite de instrucțiuni specifice de aplicare, exemplificări și indicații pentru corelări de prețuri pentru unele obiecte ce nu se vor găsi cuprinse în catalog. Indexul alfabetic al fiecărui catalog, precum și indexul alfabetic general al utilajelor și separat al clădirilor și construcțiilor vor facilita operația de identificare a utilajelor ce se reevaluează.

Indexele cataloagelor sînt însoțite de codurile de clasificare, stabilindu-se astfel o corelare directă între cele două lucrări. Părțile componente ale unor fonduri fixe, care nu formează în nici un caz obiecte de evidență distincte, sînt ușor de recunoscut, deoarece n-au cod de clasificare.

Cataloagele, înainte de definitivare, au fost experimentate în cel puțin trei întreprinderi și, în măsura în care s-a considerat necesar, s-au îmbunătățit prin completări, precizări, detalieri etc.

Considerăm că în forma lor finală aceste cataloage vor putea fi folosite cu succes în operația de reevaluare a fondurilor fixe.

O dată cu terminarea acestor lucrări, se consideră terminată prima etapă a acțiunii. Elaborarea normelor de amortizare urmează să aibă loc concomitent cu desfășurarea etapelor următoare și să închidă în final întreaga acțiune.

Etapa a doua, care urmează să înceapă la 1 octombrie 1964, va cuprinde inventarierea și reevaluarea propriu-zisă și se va desfășura în întreprinderile și unitățile care folosesc fonduri fixe.

Desigur că această etapă va fi pregătită din timp și în mod deosebit. În întreprinderi se vor constitui comisii operative și colective de lucru care vor primi întreg materialul documentar și vor fi instruite în mod corespunzător.

În vederea executării lucrărilor în mod corect și potrivit indicațiilor din materialul documentar elaborat în perioada de pregătire, grupe de specialiști din organele centrale se vor deplasa la sediul regiunilor și vor îndruma direct organele din întreprinderi și unități bugetare. Separat de aceasta, ministerele și organele centrale economice vor organiza grupe de îndrumare permanentă pentru problemele specifice ramurilor coordonate de acestea.

O problemă deosebit de importantă, asupra căreia trebuie să se îndrepte toată atenţia organelor de inventariere şi reevaluare, este formarea şi delimitarea obiectelor de evidenţă. În prezent, această problemă este rezolvată diferit în întreprinderile noastre. Deşi s-au dat indicaţii metodologice şi precizări de detaliu, se constată o diversitate mare de soluţii, dezmembrări de utilaje pe părţi componente, ca şi cumulări nejustificate de utilaje în instalaţii complexe.

Trebuie depuse eforturi atît din partea organelor din întreprinderi cît şi din partea organelor din minister pentru a se ajunge la rezolvări unitare pe ramuri de producţie. Esenţial trebuie considerată în primul rînd necesitatea uniformizării soluţiilor pentru toate întreprinderile din aceeaşi ramură şi în al doilea rînd aprecierile de ordin tehnic, logic etc., care pot fi relative şi discutabile.

O altă problemă care apare deosebit de importantă pentru întreprinderile noastre, şi care în acelaşi timp prezintă multiple dificultăţi de ordin practic, este operaţia de inventariere propriu-zisă. Această operaţie — în special pentru fondurile fixe specifice unităţilor noastre (linii de joasă şi înaltă tensiune, galerii miniere, cabluri, conducte etc.) — pretinde un mare număr de măsurători (lungimi şi grosimi de conductori, profile de galerii etc.). Aceste măsurători vor cere timp îndelungat, minuţiozitate şi atenţie. Pentru desfăşurarea în condiţii optime a acestor măsurători este indicat să se folosească din plin luna octombrie pentru toate obiectele situate în aer liber, pe distanţe mari şi prin locuri greu accesibile. Operaţia de inventariere propriu-zisă urmează să stabilească cît se poate de exact totalul obiectelor din categoria fondurilor fixe, minusurile şi plusurile faţă de evidenţa actuală.

A treia etapă şi ultima din această acţiune este centralizarea rezultatelor. Această centralizare se va face cu ajutorul unor dări de seamă special întocmite, care vor prezenta totalul fondurilor fixe pe schema clasificării şi în paralel valorile de inventar şi valorile de înlocuire stabilite prin operaţia de reevaluare. Operaţia de centralizare va fi însoţită de verificări succesive ca să se elimine eventualele erori comise pe parcursul lucrărilor.

Am prezentat în cele de mai sus cîteva aspecte ale acţiunii privind inventarierea şi reevaluarea fondurilor fixe. Importanţa acesteia este deosebit de mare şi va avea multiple efecte asupra activităţii noastre economice. Volumul fondurilor fixe în toate ramurile coordonate de ministerul nostru este într-o continuă creştere. Astfel, în ramura industriei miniere în perioada 1948—1963, volumul fondurilor fixe a crescut de 4,6 ori, iar în ramura energiei electrice numai în perioada 1955—1963 a crescut de circa 3 ori. Amortizarea acestor fonduri fixe are o pondere însemnată, reprezentînd în ramura minieră circa 20%, iar în ramura energetică peste 30% din totalul preţului de cost.

Ţinînd seamă de aceste considerente, apreciem că lucrările de inventariere şi reevaluare a fondurilor fixe trebuie să fie efectuate cu deosebită atenţie, pentru a putea prezenta cu exactitate situaţia reală din întreprinderi.

În general, lucrările vor cere eforturi din partea colectivelor de tehnicieni, economişti şi contabili din întreprinderi şi din organele centrale. Cu cît vor fi însă antrenate mai multe organe competente, cu cît se vor organiza mai bine lucrările şi în măsura în care organele de conducere ale întreprinderilor se vor preocupa mai îndeaproape de mersul şi desfăşurarea lucrărilor, cu atît vom reuşi să satisfacem mai uşor şi în condiţii mai bune sarcinile ce ne revin.

Considerații și realizări privind productivitatea muncii în sectorul energetic

Ing. P. Iftime şi ing. P. Roşca

Pe baza sarcinilor trasate de Congresul al III-lea al P.M.R. s-au adoptat măsuri de creștere a productivității muncii în toate sectoarele de activitate. Pe această linie, sectorului energetic îi revin sarcini importante atît în domeniul producerii cît și transportului și distribuției energiei electrice.

Cunoscînd că productivitatea muncii reprezintă cantitatea de produse realizate în unitatea de timp de muncă, ea se exprimă pentru sectorul de producere a energiei electrice prin raportul dintre energia electrică produsă și numărul de ore-om prestate de personalul centralei electrice în intervalul de timp cînd s-a produs această energie.

Conform definiției date, productivitatea muncii p se exprimă prin următoarea formulă :

$$p = \frac{E}{T} \qquad (1)$$

în care

E este energia electrică total produsă, inclusiv energia termică, exprimată în unități electrice, MW ;

T — ore-om efectiv lucrate de personalul centralelor pentru producerea energiei electrice E.

1. Căile de creștere a productivității muncii

Pentru a analiza care sînt căile eficiente de creștere a productivității muncii, formula (1) se transformă în mod convenabil după cum urmează :

Se consideră că energia E este produsă de întreaga putere instalată P_i într-un timp h

$$E = P_i \times h, \qquad (2)$$

în care

P_i este puterea instalată, MW ;

h — numărul anual de ore de utilizare a puterii instalate.

În ceea ce privește T, orele-om efectiv lucrate pentru producerea energiei E, acesta se poate exprima conform formulei (3) :

$$T = N \cdot r \cdot z. \qquad (3)$$

unde

N este numărul total al personalului ;

r — regimul efectiv (mediu) de lucru al numărului total al personalului în perioada respectivă (număr de ore/zi) ;

z — numărul efectiv de zile lucrătoare în perioada considerată.

Înlocuind pe (2) și (3) în (1) și aranjînd convenabil, se obține :

$$p = \frac{h}{n \cdot F} \qquad (4)$$

în care s-a notat cu

$n = \frac{N}{P_i}$ — numărul specific de personal al centralei electrice, om/MW ;

$F = r \cdot z$ — fondul legal de timp.

Din cele arătate rezultă că productivitatea muncii în sectorul producerii energiei electrice depinde direct de numărul de ore de utilizare a puterii instalate și de numărul specific de personal. Fondul legal de timp F reprezintă, în general, o constantă, deoarece regimul efectiv de lucru este fixat la 8 ore conform legislației în vigoare, iar numărul total de zile lucrătoare z este, de asemenea, o constantă.

În condițiile arătate rezultă în mod clar liniile directoare care conduc la creșterea productivității muncii, și anume :

— utilizarea în proporție cît mai mare a capacităților de producție, respectiv creșterea numărului de ore de utilizare a puterii instalate ;

— reducerea numărului specific de personal din exploatare.

1.1. *Creșterea numărului de ore de utilizare a puterii instalate*

În figura 1 este prezentată curba de variație pe ani a numărului de ore de utilizare a puterii medii instalate, pentru centralele Departamentului Energiei Electrice, din care se poate constata că acestea au crescut continuu.

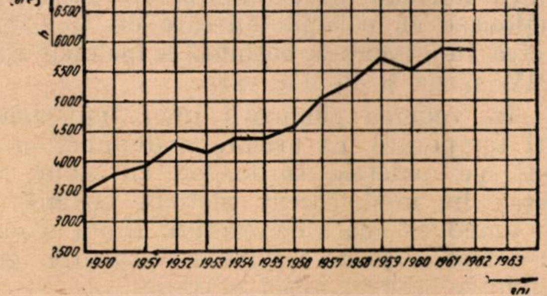


Fig. 1. Durata de utilizare a puterii medii instalate în centralele D.E.E.

Astfel, față de anul 1950, în 1963 numărul de ore de utilizare a puterii medii instalate a crescut cu 60%. Măsurile care au contribuit la aceasta sînt în principal următoarele :

— Reducerea timpului de indisponibilitate a agregatelor pentru lucrările de reparație planificate, preveniri de avarii și avarii, prin :

— organizarea lucrului în două și trei schimburi la operațiile cu front de lucru limitat;

— recondiționarea de armături și piese de schimb existente în stocul centralei înainte de oprirea în reparație a agregatelor și efectuarea numai a operației de înlocuire cu ocazia reparației;

— efectuarea reparațiilor la instalațiile auxiliare pentru care există rezervă de 50% sau 100% cu agregatul în funcțiune;

— folosirea operativă a personalului de reparații din alte centrale care nu aveau lucrări de reparații în același timp;

— utilizarea de personal de înaltă calificare pentru lucrări de mare finețe și răspundere în vederea asigurării calității lucrărilor și efectuării lor în minimum de timp.

— De asemenea s-a trecut, pe baza experienței existente în cadrul Departamentului Energiei Electrice și din străinătate, la executarea reparațiilor cu deschiderea carcaselor turbinelor o dată la 2—3 ani, față de vechea metodă de deschidere anuală, după ce în prealabil s-au executat măsurători care să indice gradul de înfundare cu săruri a paletelor, nivelul vibrațiilor etc.

Ridicarea calificării personalului de reparații a constituit și constituie o preocupare permanentă.

Cu măsurile indicate mai sus s-a reușit să se execute reparații la turbine cu abur în medie în 18—20 zile cu repaletări de 2—3 rînduri, iar la cazane cu debite mari în 22—25 zile, față de vechile situații cînd lucrările durau 25—30 zile, respectiv 30—35 zile.

— Ca urmare a punerii în evidență a unor rezerve de putere la turbinele de fabricație sovietică de 12,25 și 50 MW, s-a reușit, în condiții normale de siguranță, ca acestea să funcționeze cu o supraîncărcare de 15—20%. Puterea suplimentară obținută a însumat circa 80 MW iarna și 40 MW vara.

— În vederea eliminării unor indisponibilități temporare, ca urmare a depunerilor de săruri pe paletele turbinelor cu abur, s-a utilizat în mod curent metoda spălării cu abur umed cu adaos de reactivi. Rolul adaosurilor a fost acela de a elimina și sărurile greu solubile în aburul umed obișnuit.

— În afară de aceste măsuri, s-a acordat o atenție deosebită creșterii gradului de siguranță în funcțiune a instalațiilor de alimentare cu combustibil în condiții climaterice grele, funcționării sigure a tuturor instalațiilor auxiliare etc.

— Creșterea numărului de ore de utilizare a puterii instalate s-a obținut și pe baza măsurilor luate pentru aplatisarea curbei de sarcină. Astfel, prin măsurile de raționalizare a consumului de energie și încărcare echilibrată a tuturor schimburilor în cadrul întreprinderilor industriale s-a ajuns la coeficienți de aplatisare mult îmbunătățiți, realizîndu-se în 1962 coeficientul de 66,2%, iar în 1963 coeficientul de 71,4%, ceea ce reprezintă o creștere de 7,8%.

1.2. *Calculul numărului specific de personal pentru CTE*

Pentru lucrările de studii și proiectare, numărul total de personal N se calculează în prezent conform (1) cu formula :

$$N = 500\,a\,\sqrt{P_i}, \tag{5}$$

din care rezultă următoarea relație pentru numărul specific de personal :

$$n = \frac{50\,a}{\sqrt{P_i}}. \tag{6}$$

Aplicarea formulelor (5) și (6) conduce pentru o gamă largă de puteri la valori ale lui n care diferă în mod substanțial de cele ce se realizează în practica modernă.

Nepotrivirea provine de la constanta 50, care nu ține seamă de gradul de automatizare a centralei, puterea unitară a grupurilor, schema centralei etc., respectiv de factorii care influențează numărul specific de personal.

În ceea ce privește factorul a, acesta are, conform (1), diferite valori în funcție de combustibilul folosit, după cum urmează :

$a = 0{,}8$ pentru combustibil lichid și gazos;
$a = 1{,}0$ pentru praf de antracit;
$a = 1{,}1$ pentru turbă;
$a = 0{,}95$ pentru cărbuni diferiți.

Această diferențiere a personalului centralelor funcție de combustibilul folosit corespunde în suficientă măsură situației existente în centrale. Astfel, pentru o centrală funcționînd pe cărbune, numărul total al personalului diferă cu 15...30% față de o centrală funcționînd pe combustibil lichid sau gazos.

Pentru a analiza valabilitatea formulei (6), în figurile 2 și 3 s-a reprezentat numărul specific de personal existent pentru cîteva centrale funcționînd pe cărbune, precum și curba trasată cu ajutorul formulei (6), considerînd $a = 0{,}95$.

Se constată că pentru centrale cu puteri instalate sub 100 MW (fig. 2) numărul specific de personal realizat nu diferă prea mult de valorile rezultate prin aplicarea formulei (6). Diferențe foarte mari apar la centralele cu puteri mai mari de 100 MW (fig. 3), din calcul rezultînd valori cu 80% și chiar 100% mai mari decît cele existente.

Datorită acestor considerente, calculul numărului specific de personal în centralele termoelectrice se propune a se efectua după cum urmează :

$$n = \frac{k \cdot a}{\sqrt{P_i}}, \qquad (7)$$

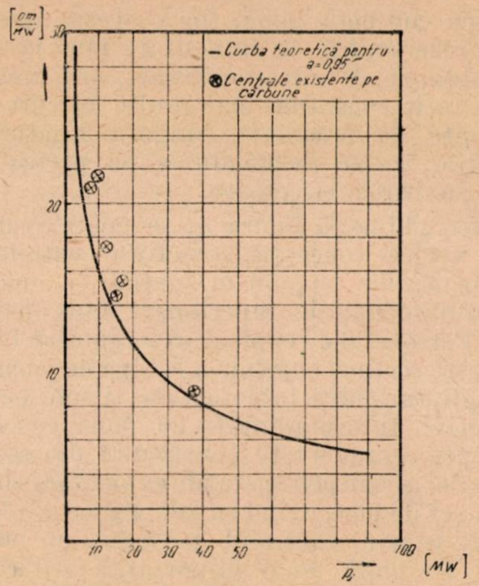


Fig. 2. Numărul specific de personal pentru centrale cu puteri instalate sub 100 MW.

în care

P_i și a au aceeași semnificație ca în formula (6) ;

k este coeficient care ține seamă de mărimea centralei.

Valorile lui k sînt date în tabela 1 pentru centrale de diferite puteri, cunoscînd că o dată cu mărirea puterilor unitare ale grupurilor crește și gradul de automatizare a centralei.

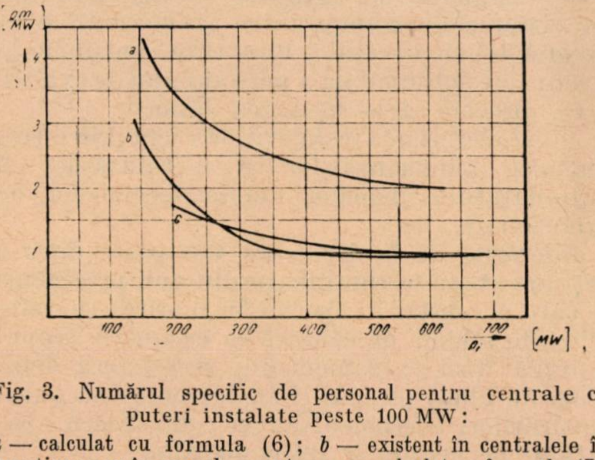


Fig. 3. Numărul specific de personal pentru centrale cu puteri instalate peste 100 MW :

a — calculat cu formula (6) ; *b* — existent în centralele în funcțiune sau în curs de montare ; *c*—calculat cu formula (7).

Numărul specific de personal obținut prin aplicarea formulei (7), așa cum s-a arătat, este apropiat de valorile obținute în practică,

Tabela 1

Felul centralei	k
Centrală cu $P_i < 100$ MW	50
Centrală cu $P_i > 100$ MW	20—25
Idem și cu înalt grad de automatizare	15—20

astfel încît acesta poate fi luat în considerare cu aproximație suficientă pentru calculele globale. Valorile exacte ale acestui indicator se obțin însă numai printr-o normare judicioasă a personalului pentru fiecare loc de muncă în cadrul unei centrale date, cu toate particularitățile sale.

1.3. *Reducerea numărului specific de personal din exploatare*

Ca urmare a măsurilor luate, în centralele Departamentului Energiei Electrice, numărul specific de personal a scăzut în permanență. Valorile medii obținute în ultimii zece ani pe întregul departament, pentru diferite centrale, sînt prezentate în figura 4.

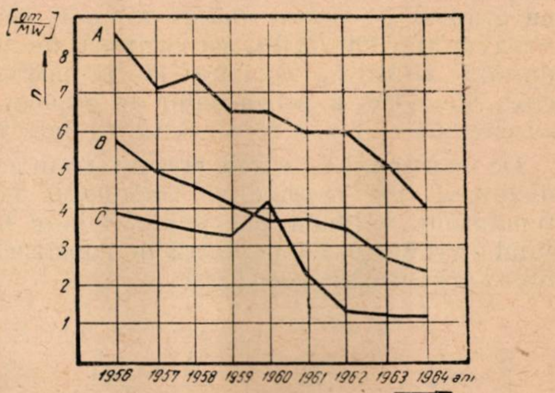


Fig. 4. Variația numărului specific de personal în centralele termo- și hidroelectrice ale D.E.E. :

A – centrale pe cărbune ; *B* – centrale pe alt combustibil ; *C* – centrale hidroelectrice.

Principalii factori care au influențat scăderea numărului specific de personal din centralele termoelectrice sînt :

— puterea unitară a grupurilor instalate ;

— schema termică ;

— gradul de mecanizare și automatizare ;

— felul de organizare și mecanizare a reparațiilor.

Creșterea puterii unitare a grupurilor instalate constituie unul din factorii de cea mai mare însemnătate, care, pe lîngă alte avantaje, a condus și la o reducere importantă a numărului specific de personal. Pentru a putea aprecia influența acestei măsuri, în figura 5 se prezintă modul cum variază numărul specific de personal de diferite categorii după [2] în centralele din S.U.A.

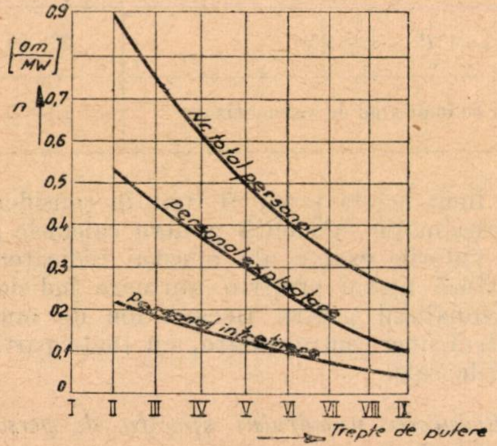


Fig. 5. Numărul specific de personal în centralele din S.U.A.:

I — 0 — 19 MW; *II* — 20—39 MW; *III* — 40 — 59 MW (1940); *IV* — 60—74 MW; *V* — 75—99 MW; *VI* — 100—149 MW; *VII* — 150—299 MW; *VIII* — 300—499 MW; *IX* — 500 și peste.

Se constată astfel că trecerea de la centrale de puteri reduse (în jurul valorii de 20 —30 MW), cu grupuri de puteri unitare mici, la centrale mari (150 —300 MW), cu grupuri de putere unitară ridicată, conduce la reducerea cu circa 65 —70% a personalului de exploatare și cu circa 55 —60% a personalului de întreținere.

De menționat că cifrele prezentate în această diagramă nu cuprind și personalul necesar reparațiilor mijlocii și capitale, aceste lucrări fiind executate fie de fabricile constructoare, fie de organizații specializate.

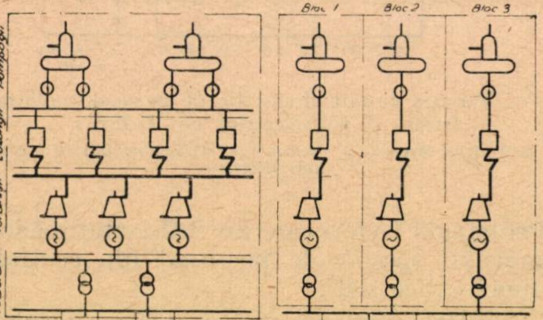


Fig. 6. Schema termică a unei centrale:
a — concepție veche; *b* — concepție nouă.

În ceea ce privește schema termică, aceasta a suferit în ultimii ani modificări importante prin apariția așa-numitelor ,,blocuri de producție''. În figura 6 sînt prezentate comparativ cele două concepții de organizare a schemei termice într-o centrală. În conformitate cu vechea schemă, rezervoarele de alimentare, pompele de alimentare, cazanele, turbogrupurile etc. erau considerate ca agregate de sine stătătoare, iar diversele bare colectoare permiteau un mare număr de combinații în exploatare.

După concepția nouă, toate aceste agregate, de la rezervoarele de alimentare pînă la transformatoarele de interconexiune, sînt înseriate, astfel încît constituie mai multe blocuri independente de producție, singura legătură cu blocurile vecine realizîndu-se pe partea electrică, la barele colectoare.

Referindu-ne la figura 6, se poate spune că după vechea concepție structura centralei era constituită din secțiuni orizontale cu funcțiuni și simultaneități în funcționare bine determinate. Personalul de exploatare organizat funcție de aceste secțiuni cuprindea echipe de pompagii, cazangii, turbiniști, tablatari etc. și șefii de tură respectivi. În conformitate cu noua concepție, structura centralei este constituită din secțiuni verticale, la care personalul de exploatare cuprinde un șef de bloc, avînd în subordine 2 —3 persoane pentru controlul periodic al instalațiilor. În afară de o importantă reducere a numărului total de personal, această organizare stabilește mult mai clar responsabilitățile legate de producerea sigură și neîntreruptă a energiei electrice.

Atît creșterea puterilor unitare a grupurilor cît și organizarea schemelor termice după principiile blocurilor au permis ca gradul de mecanizare și automatizare a noilor instalații să fie foarte ridicat.

În ceea ce privește gradul de automatizare și mecanizare a instalațiilor energetice s-au întreprins două acțiuni mai importante, și anume:

— instalarea de agregate și instalații noi cu sisteme de automatizare și mecanizare la nivelul tehnicii actuale, fapt care contribuie la o reducere substanțială a personalului de exploatare, precum și la ușurarea muncii;

— modernizarea instalațiilor vechi prin introducerea automatizărilor și mecanizărilor și îmbunătățirea indicilor tehnico-economici de funcționare.

Lucrările de modernizare fac parte dintr-o acțiune aflată în continuare din anii precedenți și care a constat în special în mărirea suprafețelor de schimb de căldură la cazane în scopul îmbunătățirii randamentului și creșterii debitelor de abur, precum și în introducerea automatizărilor, telecomenzilor și centralizării aparatelor de măsură și telecomenzilor.

De asemenea s-a executat de IRME și s-a omologat prototipul instalației de automatizare a arderii la cazanele de abur funcționînd pe gaze, instalație care este în curs de introducere la 14 cazane.

Sînt în curs de modernizare o serie de instalații mai vechi de automatizare de la centralele Paroșeni, Borzești și Ovidiu II, iar la centrala Doicești este în execuție de către personalul de exploatare o cameră de comandă termică, care centralizează comenzile, măsura și automatizarea pentru cele șase cazane în funcțiune.

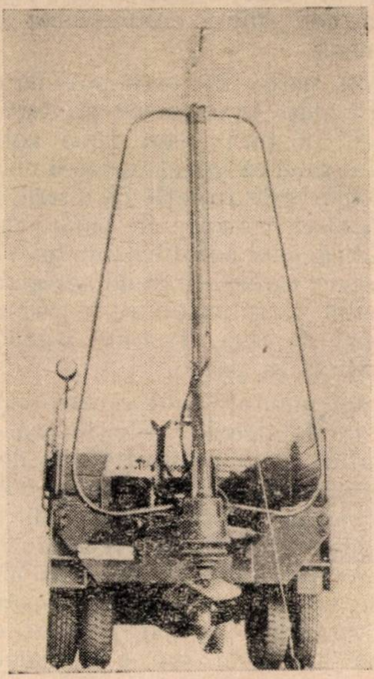


Fig. 7. Agregat complex tip HM—1 pentru construcția LEA.

În acțiunea de introducere a automatizărilor, telemăsurilor și telecomenzilor, efectele în reducerea personalului de exploatare sînt importante.

În [2] se prezintă efectul introducerii telecomenzilor și automatizărilor la o serie de stații electrice, din care rezultă un număr important de forțe eliberate pentru alte activități.

La D.E.E. această acțiune este în plină desfășurare, în 1962 telemecanizîndu-se patru stații, iar în 1963 zece stații. În prezent sînt telemecanizate 20 stații, la care s-a realizat o reducere medie de circa 60 persoane.

În ceea ce privește introducerea mecanizărilor la întreprinderile de centrale electrice și la întreprinderile regionale de electricitate s-au realizat o serie de dispozitive și instalații menite să ușureze munca personalului și să îmbunătățească condițiile tehnologice de executare a lucrărilor.

În această acțiune, întreprinderea ,,Energoreparații'' și-a axat o parte din activitatea sa pe linia realizării de dispozitive și instalații specifice lucrărilor din centrale și rețele electrice.

Astfel s-au executat și omologat cricuri hidraulice de 30 —50 —100 t.f., dispozitivul de întins și ridicat de 3 t.f., dispozitivul hidraulic de îndoit țevi pînă la 5 țoli etc.

Pentru lucrările de construcții-montaj și pentru lucrările de întreținere a rețelelor, s-a executat instalația complexă de săpat gropi, ridicat stîlpi și telescopică, prezentată în figura 7, care permite realizarea unui înalt grad de mecanizare a lucrărilor.

Bibliografie

[1] Kerțeli și Rîșkin, *Centrale termoelectrice.*
[2] Hermann, R. *Rationalisierungserfolge in der Elektrizitätswirtschaft.* ETZ Elektrotechnische Zeitschrift, H. 20/21, sept. 1960.
[3] Pigeaud, J. *L'organisation de l'entretien dans une centrale thermique moderne.* Chaleur et Industrie, nr. 426, 1961.

Unele rezultate privind funcționarea turnurilor cu tiraj forțat în condițiile R.P.R.*

Ing. D. Golici

În ultimii zece ani se aplică pe scară din ce în ce mai largă un element de tehnică nouă în sistemul de răcire închis sau mixt al grupurilor de condensație : turnul de răcire cu tiraj forțat.

Avantajul esențial al acestui tip de turn este realizarea unei temperaturi a apei răcite numai cu 5 —8 grd mai ridicată decît temperatura termometrului umed față de turnul cu tiraj natural, la care această diferență este de 12 —15 grd.

Apropierea temperaturii apei răcite față de limita teoretică de răcire (temperatura termometrului umed) este mai mare la temperaturi exterioare mai ridicate, și viceversa.

Un alt avantaj al turnului cu tiraj forțat îl constituie înălțimea mai mică de refulare a apei în raport cu cel cu tiraj natural (în general o diferență de 1,3 —1,5 m H_2O).

Dezavantajele principale ale turnului cu tiraj forțat sînt : consumul de energie pentru ventilatoare (circa 0,6 —1% din puterea grupului), o exploatare mai complicată (posibilități mai mari de defecțiuni), crearea unei atmosfere ambiante umede, din cauza înălțimii de refulare mai scăzute decît la turnul cu tiraj natural, zgomotul produs de ventilatoare.

---

* Referat prezentat la cea de-a doua sesiune de comunicări tehnico-științifice a Intreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME).

Stabilirea oportunității instalării turnurilor cu tiraj forțat se face pe baza unui calcul tehnico-economic, al cărui rezultat este influențat în mod special de : zona climatică, felul combustibilului, parametrii ciclului termic, caracteristicile agregatelor principale și modul de funcționare a turnului (continuu, discontinuu, circuit închis sau mixt), precum și pe baza unor considerente de amplasare : instalații sau centre populate apropiate, care pot fi afectate de atmosfera umedă și zgomotul produs de turn.

Pe plan mondial, turnurile cu tiraj forțat s-au impus în țările din zonele climatice calde și temperate (în mod special Europa centrală). În zonele de climă rece se mențin în general construcțiile turnurilor de răcire cu tiraj natural. Rezultate pozitive au fost publicate în special în R.D.G., R.F.G., R.S.C. și S.U.A.

La noi, turnurile cu tiraj forțat s-au introdus pe scară mai largă în energetică, precum și în industria chimică și petrolieră.

La marile centrale ale M.M.E.E., turnuri cu tiraj forțat s-au utilizat pentru prima oară la CET Brazi, în 1962. Un tip îmbunătățit față de cel de la Brazi s-a instalat în 1963 la CET Grivița Roșie. Tot în 1963 s-a terminat montajul turnului cu tiraj forțat la CTE Luduș. În continuare, asemenea tipuri sînt proiectate pentru CET Craiova și Oradea.

Analiza funcționării turnurilor cu tiraj forțat în condițiile R.P.R. a fost începută de către Întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME), în 1962, inițial într-un cadru mai restrîns : studiul funcționării turnurilor de răcire cu tiraj forțat de la CET Brazi, în comparație cu turnurile de răcire cu tiraj natural de la CET Grozăvești, comparație efectuată pentru cazul limitat al CET Brazi.

Ulterior, tema a fost extinsă la studiul comparativ al funcționării turnurilor de răcire cu tiraj forțat și tiraj natural în condițiile din țara noastră, avînd ca obiectiv final stabilirea oportunității instalării în continuare în R.P.R. a turnurilor cu tiraj forțat și a condițiilor speciale de proiectare și execuție pe care le cer.

La început s-a considerat că problema se poate rezolva prin compararea performanțelor turnului cu tiraj forțat de la CET Brazi cu acelea ale turnului cu tiraj natural de la CET Grozăvești (cu sistem de răcire din lemn), generalizînd rezultatele. Aprofundînd această problemă, se constată că, de fapt, ea este mult mai complexă.

Pe de o parte, la noile centrale termoelectrice din țară nu se instalează numai un singur tip de celulă cu tiraj forțat, ci mai multe tipuri, în funcție de debitul de apă de răcire necesar.

De asemenea, turnurile de răcire cu tiraj natural cu sistemul de răcire din lemn (ca acelea existente la CET Grozăvești) nu se mai construiesc în viitor, sistemul de răcire pentru noile construcții fiind confecționat din plăci de azbociment.

Pe de altă parte, nu este posibilă stabilirea unei soluții unice în ceea ce privește tipul de turn folosit în țară — cu tiraj natural sau forțat — dat fiind că oportunitatea unuia dintre cele două tipuri este funcție de o serie de factori specifici fiecărei centrale în parte, cum ar fi : zona climatică, felul combustibilului, parametrii ciclului termic, caracteristicile agregatelor principale, modul de funcționare a turnurilor etc. Astfel, tipul de turn trebuie stabilit pentru fiecare centrală în parte.

Pentru un anumit echipament—grupuri de 100 MW de fabricație cehoslovacă—anumite zone climatice și un anumit regim de funcționare a turnurilor corespunzătoare CTE Luduș și CET Craiova, Institutul de studii și proiectări energetice (ISPE) a efectuat un studiu bazat pe performanțele teoretice ale turnurilor, prin care a demonstrat oportunitatea instalării turnurilor cu tiraj forțat cu celule de 1 150 m^3/h, cu ventilator de diametru 8 m, tip R.S.C. Cu aceasta însă, problema nu poate fi considerată rezolvată.

Mai întîi trebuie alese cîteva tipuri constructive de turnuri de răcire care să fie comparate, iar apoi trebuie verificate performanțele de exploatare ale acestor tipuri în raport cu diagramele de regim calculate. La verificări s-ar putea constata — după cum s-a constatat, de exemplu, la CET Brazi — că tipul constructiv de turn realizat nu atinge performanțele stabilite prin calcul. În aceste cazuri vor fi necesare îmbunătățiri constructive, pînă cînd se obțin performanțele cele mai bune, realizabile în stadiul actual al tehnicii. Abia după aceea se pot compara tipurile de turn între ele. În cazul în care nu se procedează în această ordine rațională de faze, există riscul de a compromite introducerea unui element de tehnică nouă, care, în anumite cazuri, poate aduce economii importante.

Procedînd în felul acesta, s-au stabilit următoarele tipuri constructive realizabile la noi în țară :

a) Turnuri cu tiraj natural din beton (hiperbolice), cu sistem de răcire pelicular din plăci de azbociment :

— debit de apă 4 500—5 000 m^3/h ; primul turn va intra în funcțiune la CET Grozăvești în 1964 ;

— debit de apă 8 000—10 500 m^3/h ; primul turn va intra în funcțiune la CET Brazi în 1964.

b) Turnuri cu tiraj forțat, cu sistem de răcire pelicular din plăci de azbociment :

— debit de apă 450 —560 m³/h pe celulă, cu ventilator Ø 4,7 m (tip BOREȚ) ; primul turn a intrat în funcțiune la CET Brazi în 1962 și al doilea tip, îmbunătățit, a intrat în funcțiune la CET Grivița Roșie în 1963 ;

— debit de apă 1 150 m³/h pe celulă, cu ventilator Ø 8 m (tip R.S.C.) ; primul turn a intrat în funcțiune la CTE Luduș în noiembrie 1963.

Primele încercări de turnuri au fost efectuate la CET Brazi de către IRME în 1962, din care a rezultat o funcționare necorespunzătoare a acestora, performanțele realizate fiind inferioare celor calculate. Pentru remedierea acestei situații au fost propuse îmbunătățiri constructive.

În 1963 s-au executat la CET Grivița Roșie încercări în perioada de vară și toamnă, ale căror rezultate sînt mulțumitoare.

I. Rezultatele măsurărilor de la CET Brazi

1. *Caracteristicile turnului*

La CET Brazi sînt instalate două turnuri de răcire cu cîte 14 celule cu tiraj forțat pe turn. Celulele sînt amplasate pe două rînduri paralele alăturate, avînd admisia aerului pe o singură parte. Construcția a fost realizată conform proiectului sovietic tip LOTEP, cu ventilatoare tip BOREȚ IVG—47 Ø 4,7 m, executate în țară de întreprinderea „Independența"-Sibiu.

Conform proiectului inițial, sistemul de răcire este confecționat din lemnărie la 22 celule, iar la 6 celule s-a adaptat proiectul, de către ISPE, pentru execuția sistemului de răcire din plăci plane de azbociment (80 cm lățime).

Caracteristicile termice de proiect ale turnului sînt redate în diagrama de regim din figura 1.

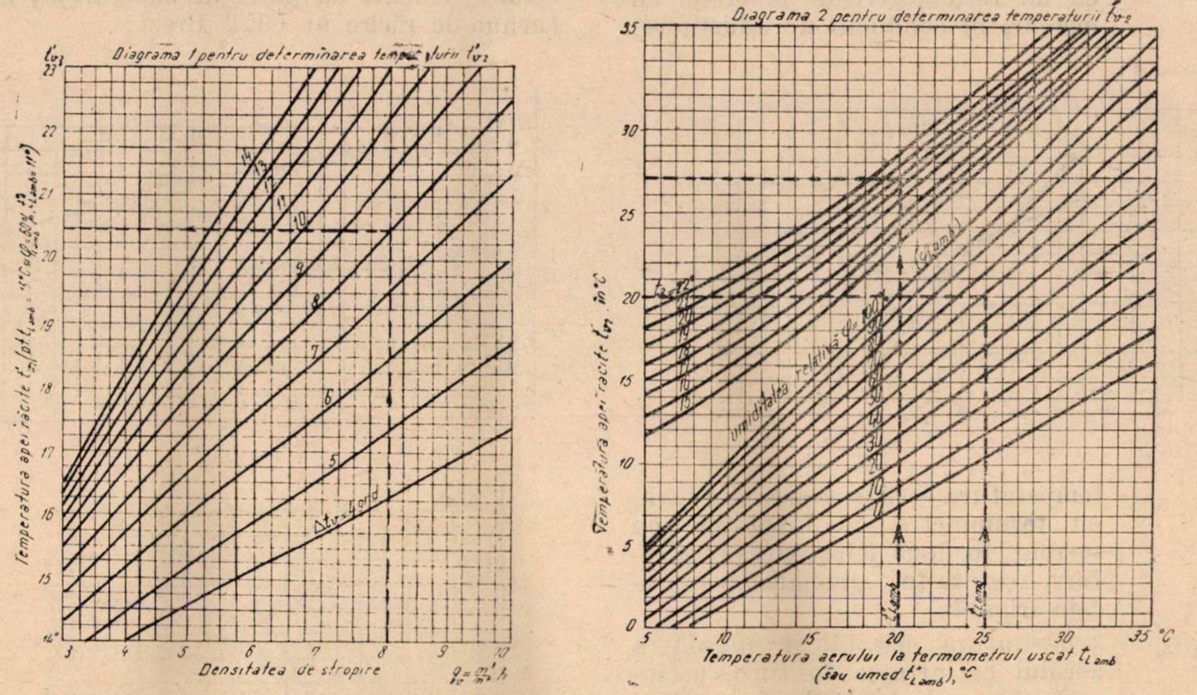


Fig. 1. Diagrama de regim pentru turnuri cu tiraj forțat TEP Moscova. Modul de folosire a diagramelor :

1. Se determină temperatura t'_{v2} (temperatura apei răcite) pentru condițiile $T = 15$ °C și $\varphi = 60\%$ ($\tau = 11$ °C) cu ajutorul diagramei 1.
2. Se corectează temperatura t'_{v2} cu ajutorul diagramei 2 pentru condițiile meteorologice date, obținînd temperatura apei răcite, t_{v2}

Exemplu. Se dau : $q = 8$ m³/m³·h, $\Delta t = 6$ grd, $T = 25°$, $\varphi = 60\%$. Se cere temperatura apei răcite, t_2. Din diagrama 1 se obține $t'_{v2} = 20{,}5$ °C, care se corectează cu diagrama 2, obținîndu-se $t_2 = 27$ °C.

Date de calcul :

M_v este debitul de apă pe celulă = 500 m³/h ;

f_0 — suprafața irigată = 70 m².

Punctul de funcționare a ventilatorului la un unghi de înclinare a palelor de 13°.

M_L este debitul de aer = 110 m³/s ;

H — căderea de presiune a aerului în turn = 11,75 mm H_2O ;

P — puterea absorbită de electromotor = 25,3 kW (28 kW puterea instalată).

2. *Valori măsurate*

S-au măsurat următorii parametri :

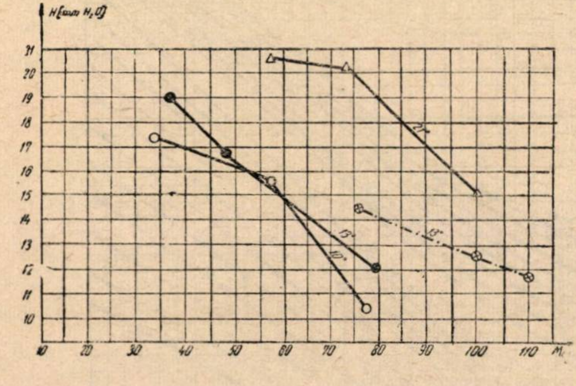
M_L — debitul de aer la ieșirea din turn (difuzor), prin explorarea cîmpului de viteze cu tubul Pitot pe trei raze ;

H — căderea de presiune a aerului la ventilator, cu un micrometru cu tub înclinat. Prizele de presiune au fost amplasate astfel încît să măsoare presiunea statică, considerînd cu suficientă aproximație că diferența presiunilor dinamice este neglijabilă ;

P — puterea absorbită de electromotor, cu două wattmetre de laborator ;

M_v — debitul de apă, prin explorarea cîmpului de viteze cu tubul Pitot în conducta de aducțiune verticală Ø 500 ;

t_{v_1} — temperatura apei la intrarea în turn, cu un termometru de laborator cu mercur, în conducta de aducțiune ;



a)

t_{v_2} — temperatura apei la ieșirea din turn, cu termometre de laborator cu mercur, în două jgheaburi de colectare, așezate în diagonală pe suprafața irigată ;

t_{L1}, t''_{L_1} — temperatura uscată și umedă a aerului la intrarea în turn, măsurată cu psihrometrul, în centrul fiecărei ferestre, la o distanță de 2 m de acesta ;

t''_{L_2} — temperatura umedă a aerului la ieșirea din turn, cu patru termorezistențe dispuse pe o rază a difuzorului ;

$t_{Lamb.}, t''_{Lamb.}$ temperatura uscată și umedă a aerului ambiant, măsurată cu psihrometrul, la o distanță mai mare de 50 m de turn, în direcția vîntului.

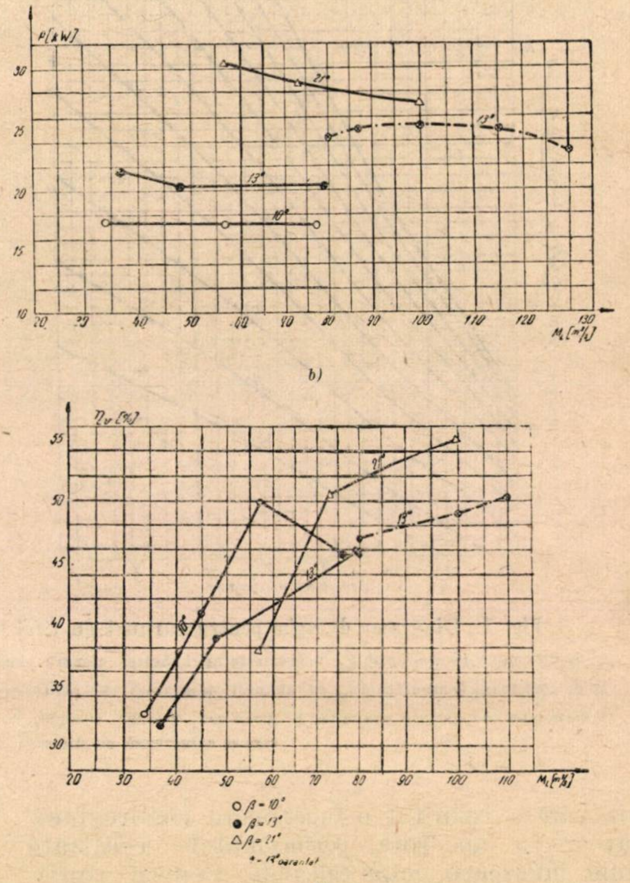
Debitul de apă s-a modificat cu ajutorul vanei de la intrarea apei în turn. Debitul de aer s-a modificat prin varierea poziției jaluzelelor de la ferestre. Pentru stabilirea unghiului optim de calare a palelor, s-au ridicat caracteristicile ventilatorului la trei unghiuri de calare : 10, 13 și 21°.

Caracteristicile determinate ale ventilatorului, în comparație cu cele nominale, sînt redate în figura 2. Din analiza caracteristicilor rezultă că, la unghiul de calare a palelor de 21°, debitul de aer atinge cea mai apropiată cifră față de cea de proiect, randamentul se îmbunătățește, iar puterea absorbită nu depășește valoarea nominală a motorului. S-a stabilit astfel, pentru proba termică de regim, unghiul de calare de 21°.

În tabela 1 se redă un extras din rezultatele măsurărilor termice pentru regim normal de funcționare, efectuate la celulele cu azbociment.

3. *Aprecierea rezultatelor*

Din analiza măsurărilor se pot face următoarele aprecieri privind comportarea celor șase celule, echipate cu plăci de azbociment, de la turnul de răcire al CET Brazi :



b)

c)

Fig. 2. Caracteristicile ventilatorului de turn de la CET Brazi :

a — variația căderii de presiune la ventilator ; *b* — variația puterii absorbite de electromotor ; *c* — variația randamentului instalației de tiraj forțat.

— debitele de aer, determinate prin măsurări, sînt cu circa 30% sub valorile debitelor care ar fi trebuit să fie vehiculate, conform diagramei de funcționare a ventilatorului ;

— randamentul ventilatoarelor este inferior valorilor indicate de diagrama ventilatorului sovietic (IVG —47), după care s-au executat

Tabela 1

Mărimea		Unități	Data, octombrie 1962	
Denumirea	Simbolul			
Debitul de apă	M_v	m³/h	540	598
Intensitatea de stropire	q_v	m³/m²·h	7,7	8,55
Temperatura apei la intrare	t_{v_1}	°C	39,4	34,03
Temperatura apei la ieșire	t_{v_2}	°C	28,4	26,57
Intervalul de răcire	Δt_v	grd	11	7,46
Debitul de aer	M_L	m³/s	100	100
Temperatura aerului ambiant, termometru uscat	$t_{L\,amb.}$	°C	18,2	11,4
Idem, termometru umed	$t''_{L\,amb.}$	°C	12	11,4
Umiditatea relativă a aerului ambiant	$\varphi_{L\,amb.}$	%	43	100
Puterea electromotorului	P	kW	27	26,7
$\Delta t_{v2}=t_{v2}-t_{v2}$ diagramă TEP		grd	+5,7	+5,8

la „Independența"-Sibiu ventilatoarele montate la Brazi;

— rezistența hidraulică a turnului (la cele șase celule) este mai mare decît datele din proiect (15,1 mm față de 11 mm);

— echipamentul electric nu este corespunzător: din cele 28 motoare electrice montate, pînă la probe s-au ars 11 motoare, iar automatele nu sînt acordate cu timpii de pornire a electromotoarelor;

— se constată că temperatura apei răcite în perioada măsurată a fost mai mare decît cea din diagrama de funcționare a turnului, în medie cu 5,3 °C.

Din aceste constatări rezultă că la turnurile de răcire de la CET Brazi nu s-au realizat performanțele din proiect, spre deosebire de situația din alte țări. Din materialele de care se dispune rezultă că s-au executat acolo turnuri de răcire cu performanțe conform calculelor din proiecte.

Obținerea de rezultate slabe, în ceea ce privește comportarea celor șase celule de turn, se datorește unor deficiențe în execuție și de proiectare, și anume:

— Racordul de la secțiunea curentă a celulei la cea a difuzorului nu este corespunzător din punct de vedere aerodinamic, ceea ce se poate corecta.

— Nu există un difuzor corespunzător evazat, care să asigure o viteză suficientă la ieșirea aerului din turn, în dreptul ventilatorului, ceea ce se poate, de asemenea, corecta.

— Turnul are o rezistență hidraulică prea mare, explicată prin faptul că scheletul de susținere a plăcilor de azbociment strangulează secțiunea de intrare a aerului.

Este de observat că turnul inițial a fost proiectat de către TEP — Moscova pentru instalații interioare din lemnărie, iar apoi a fost adaptat de ISPE, la șase celule, pentru plăci plane din azbociment, de formatul care s-a găsit în țară (80 cm lățime).

— Există toleranțe inadmisibil de mari între extremitățile paletelor și difuzor, de circa 10—12 cm, față de 2,5 cm în proiect.

— La mai multe ventilatoare s-a constatat că lățimea paletelor aceluiași ventilator are diferențe de dimensiuni de 5—7 cm. Paletele sînt tăiate cu flacăra și nu sînt prelucrate.

— Ventilatoarele sînt necorespunzătoare, ansamblul ventilator-motor nu este echilibrat, materialele folosite nu sînt corespunzătoare.

— Motoarele electrice se ard frecvent, fie datorită izolației necorespunzătoare a spirelor, fie datorită pătrunderii umezelii în înfășurare sau datorită duratei mari de pornire.

II. Rezultatele măsurărilor de la CET Grivița Roșie

1. *Caracteristicile turnului*

La CET Grivița Roșie sînt instalate două celule de turn de răcire cu tiraj forțat tip LOTEP, proiect îmbunătățit de ISPE, cu ventilator original BOREȚ IVG—47 0 4,7 m, cu electromotor de antrenare de 28 kW.

Admisia aerului se face la partea inferioară a celulei, prin patru ferestre cu jaluzele dispuse pe două laturi paralele.

Ventilatorul se află la partea superioară a celulei, iar evacuarea aerului se face printr-un difuzor de circa 2,5 m (mai înalt decît cel de la CET Brazi, care este de circa 1 m).

Sistemul de răcire este format din plăci de azbociment, de 1,2×2,4 m, dispuse pe un singur rînd, avînd un volum de 172,8 m³.

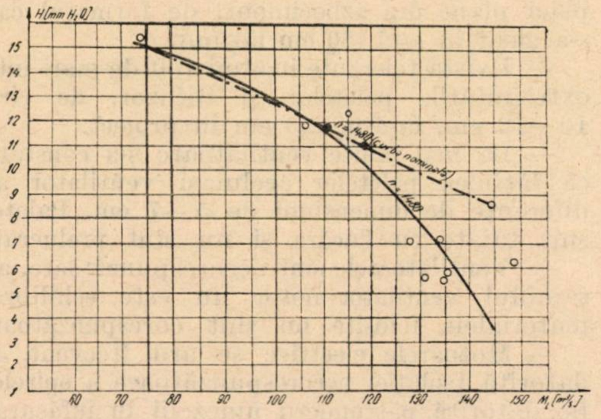
Suprafața irigată $f_0 = 72$ m².

Date de calcul:

M_v — debitul de apă = 500 m³/h;
t_{v_1} — temperatura apei de răcire la intrare = 36 °C;
t_{v_2} — temperatura apei de răcire la ieșire = 28 °C;
Δt_{v_2} — 8 grd;
t_{L_1} — temperatura aerului la intrare = = 26,6 °C;
φ_{L_1} — umiditatea aerului la intrare = 58%;
M_L — debitul de aer al ventilatorului = = 120 m³/h;
q_v — intensitatea de stropire = 6,95 m³/m².h,

2. *Valori măsurate*

Parametrii măsurați, precum și metodica de măsurare au fost aceleași ca la CET Brazi. Spre deosebire de CET Brazi însă, la turnurile de la CET Grivița Roșie unghiul de calare al palelor este fix, stabilit de constructor la 13°. Caracteristicile determinate ale ventilatorului în comparație cu cele nominale sînt redate în figura 3.



a)

În tabela 2 se redă un extras din rezultatele măsurărilor termice pentru regim normal de funcționare.

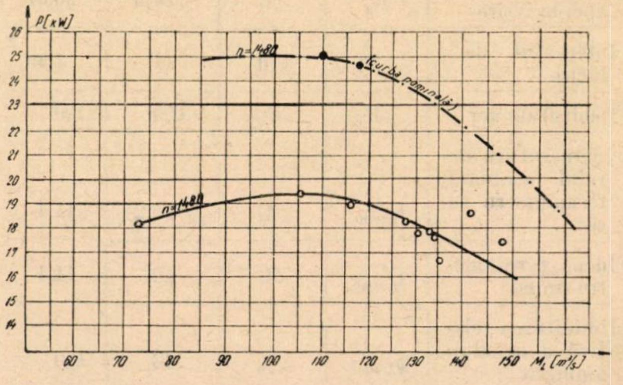
Tabela 2

Mărimea		Unități	Data	
Denumirea	Simbolul		august 1963	octombrie 1963
Debitul de apă	M_v	m³/h	448,4	474
Intensitatea de stropire	q_v	$m^3/m^2 \cdot h$	6,23	6,59
Temperatura apei la intrare	t_{v_1}	°C	33,5	32,6
Idem, la ieșire	t_{v_2}	°C	25,2	19,5
Intervalul de răcire	Δt_v	grad	8,3	13,1
Debitul de aer	M_L	m³/s	131	—
Temperatura aerului ambiant, termometru uscat	$t_{L\,amb.}$	°C	26,8	14,5
Idem, termometru umed	$t''_{L\,amb.}$	°C	22,5	9,5
Umiditatea relativă a aerului	$\varphi_{L\,amb.}$		70	52
Puterea electromotorului	P	kW	17,9	17,1
$\Delta t_{v_2} = t_{v_2} - t_{v2}$ diagrama TEP		grd	—2,9	—1,5

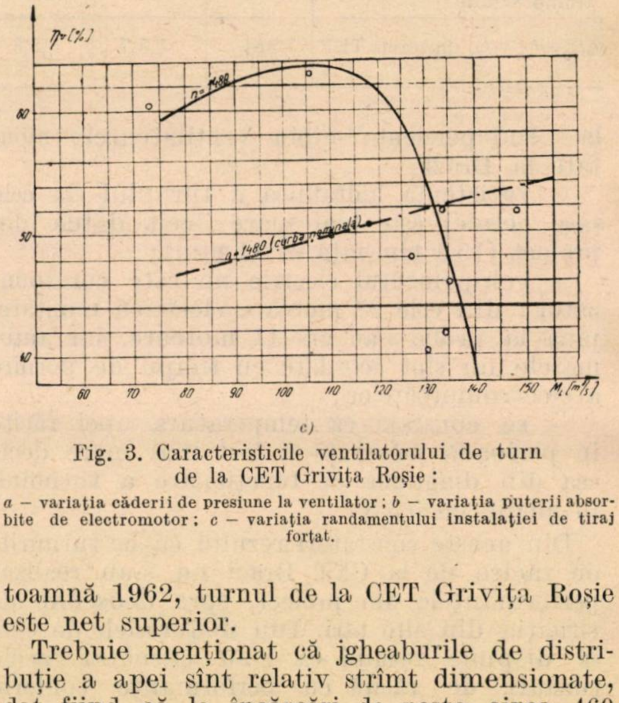
3. *Aprecierea rezultatelor*

Măsurările termice, atît cele de vară cît și cele de toamnă, au relevat performanțe bune ale turnului. Față de diagrama de comparație întocmită de TEP, la încărcări hidraulice foarte apropiate de cele nominale, 447 m³/h vara și 474 m³/h toamna, față de 450 —560 m³/h încărcarea nominală a celulei, temperatura apei răcite în turn a fost mai mică decît cea rezultată din diagramă, pentru aceleași condiții, cu —2,9 grd vara și —1,5 grd toamna.

În raport cu performanțele realizate de turnurile de la CET Brazi, în perioada de



b)



c)

Fig. 3. Caracteristicile ventilatorului de turn de la CET Grivița Roșie:

a — variația căderii de presiune la ventilator; *b* — variația puterii absorbite de electromotor; *c* — variația randamentului instalației de tiraj forțat.

toamnă 1962, turnul de la CET Grivița Roșie este net superior.

Trebuie menționat că jgheaburile de distribuție a apei sînt relativ strîmt dimensionate, dat fiind că la încărcări de peste circa 460 m³/h ele deversează.

Măsurările aerodinamice au relevat de asemenea performanțe bune ale turnului și în special ale ventilatorului. Rezistența aerodinamică a turnului este, la plină sarcină, mai mică decît cea de proiect: circa 6 mm H_2O, față de 11 mm H_2O.

Variația căderii de presiune la ventilator se suprapune peste curba nominală dată de constructorul ventilatorului în domeniul 70 — 110 m³/s debit de aer și este inferioară celei nominale pentru domeniul 110—145 m³/s. Debitul maxim realizat de ventilator la încărcarea hidraulică maximă a fost de circa 133 m³/s, față de 120 m³/s debit luat în calcul.

Puterea absorbită de electromotor este inferioară celei indicate de constructor cu 4—5 kW (5,4 kW, la 133 m³/s).

Randamentul ventilatorului este în general superior celui garantat de constructor, alura curbei fiind însă diferită de cea nominală. Pentru moment nu este posibilă decît o apreciere calitativă satisfăcătoare a randamentului, dat fiind că acesta ar putea fi afectat de eventuale erori ale măsurătorilor de debit de aer și cădere de presiune.

În acest sens trebuie menționat că metodica de măsurare folosită pentru debitul de aer și căderea de presiune la ventilator s-a dovedit a fi insuficient de precisă. Astfel, la aceeași putere absorbită de electromotor, căderea de presiune și debitul de aer măsurate în perioada de toamnă diferă cu 25—30% față de valorile măsurate vara. Or, cum la determinarea puterii nu puteau să apară erori, fiind folosită metoda clasică a celor două wattmetre, cu wattmetre cu clasa de precizie 0,2, rezultă că eroarea se datorează măsurărilor de debit și celor de presiune. De altfel, din compararea debitelor de aer obținute pentru un același punct de măsură pe cele trei raze, rezultă că neuniformitatea cîmpului de viteze este foarte mare și explorarea sa pe trei raze este probabil insuficientă. S-a constatat, de asemenea, că viteza vîntului, chiar și în limitele acceptate de norme (4 m/s), are o influență simțitoare asupra măsurării. De aceea, pentru trasarea caracteristicilor ventilatorului, s-au utilizat numai măsurările din vară, cînd condițiile atmosferice erau mult mai favorabile preciziei de măsură.

Comparativ cu valorile obținute la măsurările de la CET Brazi, rezultă că și la acest punct performanțele turnului de la CET Grivița Roșie sînt superioare.

La CET Brazi, rezistența aerodinamică a turnului — la plină sarcină hidraulică — a fost de 15 mm H_2O, iar debitul de aer de 100 m³/s.

Ca apreciere generală asupra turnului de răcire de la CET Grivița Roșie, se poate spune că a realizat performanțe superioare față de diagrama TEP de comparație și cu atît mai mult față de turnul de răcire de la CET Brazi.

Trebuie avut în vedere însă că celulele de la CET Grivița Roșie au intrarea aerului pe două părți, față de cele de la Brazi, care o au pe o singură parte, și sînt dotate cu ventilatoare originale BOREȚ.

Concluzii

Oportunitatea instalării turnurilor cu tiraj forțat la o centrală termoelectrică depinde de o serie de factori specifici fiecărei centrale și de aceea trebuie stabilită pentru fiecare caz în parte. Un factor deosebit de important este posibilitatea execuției, în stadiul actual al tehnicii de la noi, a unor tipuri constructive care să realizeze performanțele de proiect.

De aici rezultă că, după alegerea cîtorva tipuri constructive realizabile la noi în țară, trebuie verificate performanțele de exploatare a acestora, în raport cu diagramele de regim calculate, și aduse eventuale îmbunătățiri pînă la obținerea performanțelor maxime practic realizabile.

Cunoscînd performanțele reale ale turnurilor și caracteristicile centralei, se poate stabili tipul de turn adecvat.

Procedînd în felul acesta, s-au stabilit pentru centrale termoelectrice de mare putere, corespunzătoare sistemului energetic al R.P.R., două tipuri de turn de răcire cu tiraj natural: de 4 500—6 000 m³/h, respectiv 8 000—10 500 m³/h, și două tipuri de celule de răcire cu tiraj forțat: de 450—560 m³/h cu ventilator Ø 4,7 m, respectiv 1 150 m³/h cu ventilator Ø 8 m.

Tipurile noi de turn cu tiraj natural vor intra în funcțiune în 1964 la CET Grozăvești și Brazi; tipurile noi cu tiraj forțat au intrat în funcțiune în 1962 și 1963 la CET Brazi și Grivița Roșie, respectiv CTE Luduș.

Pînă în prezent s-au putut efectua măsurări numai la celulele de răcire cu tiraj forțat cu ventilator Ø 4,7 m de la CET Brazi și Grivița Roșie.

Din măsurările efectuate rezultă că performanțele turnului de răcire de la CET Grivița Roșie sînt, atît din punct de vedere termic cît și din punct de vedere aerodinamic, superioare performanțelor turnului de la CET Brazi, precum și celor din diagrama de regim TEP, admisă ca termen de comparație. În general, performanțele sînt la nivelul tehnicii mondiale curente.

Trebuie menționat că tipul constructiv de la CET Grivița Roșie mai poate suferi unele îmbunătățiri, în special la sistemul de distribuție a apei și la izolația hidrofugă a pereților exteriori.

În continuare, acțiunea de verificare a performanțelor turnurilor de răcire trebuie axată pe tipul de celulă de la CET Grivița Roșie, îmbunătățit, pe tipul de celulă cu ventilator Ø 8 m de la CTE Luduș și pe cele două tipuri de turn cu tiraj natural de la CET Grozăvești și Brazi.

Măsurătorile trebuie să verifice performanțele din proiect ale turnurilor, pentru a nu se compromite aplicarea unui element de tehnică nouă numai datorită unor deficiențe la un anumit obiect executat, deficiențe care s-au dovedit remediabile.

Reglarea automată a unei turbine cu abur

Ing. I. Nicolau

Elementele unei instalații de reglare automată a turbinelor cu abur de putere mijlocie, folosite pentru acționarea unor alternatoare trifazate sau pentru antrenarea unor pompe necesare marilor centrale electrice, și modul de funcționare în ansamblu a acestor elemente sînt descrise în cele ce urmează, prin intermediul unei noi turbine cu condensație de 6 000 kW, proiectată și executată la UCM Reșița și destinată să lucreze în climat tropical.

Aceste elemente trebuie să corespundă atît condițiilor climatice, în care scop au fost luate măsuri speciale de tropicalizare, cît și celor funcționale, stabilite de prescripții și norme. Pentru satisfacerea într-o măsură cît mai mare a condițiilor funcționale a fost elaborată o schemă de reglare și protecție îmbunătățită. În schema din figura 1 sînt prezentate elementele componente ale reglării automate ce echipează turbina de 6 000 kW.

Caracteristica principală a sistemului de reglaj și protecție o constituie legătura hidraulică între diferitele componente, care, pe lîngă că oferă o siguranță mare în exploatare, îi imprimă și o anumită simplitate constructivă.

Ca agent motor pentru transmiterea impulsurilor și pentru ungerea lagărelor se folosește uleiul sub presiune furnizat la funcționarea continuă a turbinei de către pompa principală, antrenată de arborele turbinei, iar la porniri și opriri de către o turbopompă plasată pe capacul rezervorului de ulei.

În cazul avarierii acestor două pompe, ungerea lagărelor este asigurată de către o electropompă alimentată în curent continuu de la baterii de acumulatoare. Electropompa intră în mod automat în funcțiune în cazul scăderii presiunii uleiului de ungere sub o anumită valoare critică, impulsul de pornire fiind dat de către un releu special. Pompa principală este o pompă cu trei roți dințate și debitează uleiul pe două circuite separate. Pe fiecare circuit se găsește un regulator de presiune, care menține presiunea la valoarea nominală de 5 at, în funcție de consumul variabil al sistemului de reglaj și totodată reduce presiunea uleiului în surplus la o valoare de 1 at, necesară ungerii. Apoi uleiul trece prin filtre și răcitoare și ajunge la lagărele turbinei.

Aburul proaspăt intră în turbină prin ventilul rapid de admisie, acționat prin roata de manevră locală, și ajunge în camera de distribuție, în care se găsesc patru ventile de reglare cu două scaune. Ventilele sînt deschise succesiv de servomotorul rotativ prin intermediul unui arbore cu came.

Reglarea automată este asigurată de regulatorul de turație centrifugal stabil, care sesizează variația turației și transmite comanda sub formă de impuls hidraulic la servomotorul rotativ, provocînd închiderea sau deschiderea acestuia și implicit a ventilelor de admisie, la o valoare corespunzătoare noii sarcini electrice preluate de generator.

Turbina mai este echipată cu două relee de protecție, care, acționînd asupra ventilului rapid, provoacă închiderea bruscă a acestuia, asigurînd oprirea turbinei în caz de avarie.

Regulatorul de siguranță este organul de protecție al turbinei contra ambalării. Regulatorul este de tip centrifugal nestabil și se reglează ca să declanșeze oprirea turbinei la o creștere a turației cu peste 10% față de turația nominală.

Deplasarea axială a arborelui turbinei este sesizată de un traductor electromagnetic și transmisă la un aparat indicator cu contacte. Acesta

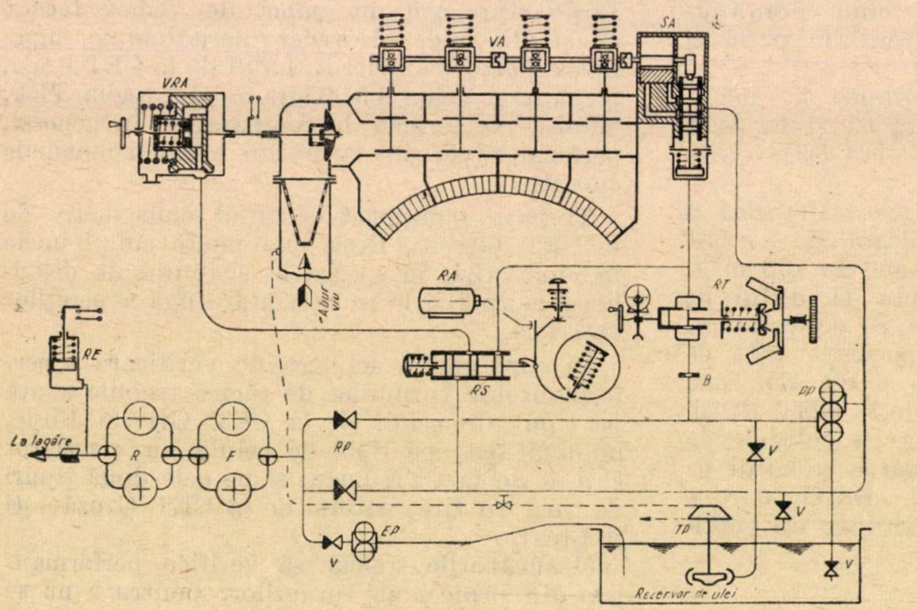


Fig. 1. Schema sistemului de reglare:
B – blendă; *EP* – electropompă; *F* – filtru; *PP* – pompa principală; *R* – răcitor; *RA* – releul axial; *RP* – reductor de presiune; *RS* – regulator de siguranță; *RT* – regulator de turație; *SA* – servomotor admisie; *TP* – turbopompă; *V* – ventil de reținere; *VA* – ventile de admisie; *VRA* – ventil rapid admisie; *RE* – releu electropompă.

din urmă se reglează astfel, încît în cazul unei avarii a lagărului axial se declanșează oprirea turbinei.

Trebuie subliniat că ventilul rapid se închide automat la scăderea presiunii uleiului sub o valoare critică.

La proiectarea sistemului de reglare descris mai sus trebuiau rezolvate simultan mai multe probleme, grupate din punctul de vedere al reglării automate în trei categorii: 1) să se asigure funcționarea turbinei la gradul de neregularitate prescris, de 4 %; 2) funcționarea să fie stabilă; 3) creșterea dinamică a turației la descărcări bruște de sarcină să nu provoace intrarea în acțiune a regulatorului de siguranță.

Statica reglării

Debitul de abur admis în turbina funcționînd la turația nominală trebuie influențat astfel, încît cuplurile produse de turbină și absorbite de generatorul electric sau pompa antrenată să fie totdeauna egale. Diferența dintre cupluri determină abaterea turației de la valoarea nominală; deci această abatere constituie, ca valoare și ca variație în timp, criteriul după care se variază debitul de abur admis în turbină.

Sarcina reglării automate constă în menținerea constantă a turației grupului, prin intervenția asupra debitului de abur. În scopul unei funcționări stabile la mersul în paralel, normele și prescripțiile prevăd o variație a turației în funcție de sarcina preluată, de circa 3–5 %. Această variație se numește „grad de neregularitate static", se notează cu δ și reprezintă raportul dintre scăderea turației atunci cînd puterea turbinei crește de la mersul în gol la plină sarcină și turația medie.

Pentru realizarea scopului enunțat, între elementele componente ale reglajului trebuie să existe anumite interdependențe, care se pot explica mai ușor cu ajutorul schemei principiale din figura 2.

Puterea dezvoltată de turbină crește pe măsura admisiei aburului, iar admisia aburului depinde de gradul de deschidere a ventilelor de reglare, adică de poziția servomotorului. La rîndul său, poziția servomotorului este determinată de deplasarea mufei regulatorului de turație, care scoate sertarul din poziția mijlocie și produce mișcarea servomotorului, pînă cînd legătura de readucere aduce iarăși sertarul în poziția mijlocie.

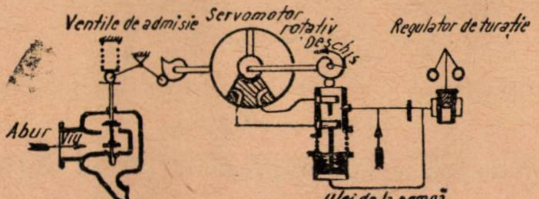


Fig. 2. Schema principială a reglării automate.

Ca rezultat final, între puterea N, dezvoltată de turbină, și turația ei, n, se află o legătură determinată, numită caracteristică statică de reglare și care are o însemnătate deosebită, atît la funcționarea individuală a turbinei cît și pentru funcționarea ei în paralel cu alte agregate, deoarece oglindește comportarea staționară a sistemului de reglare.

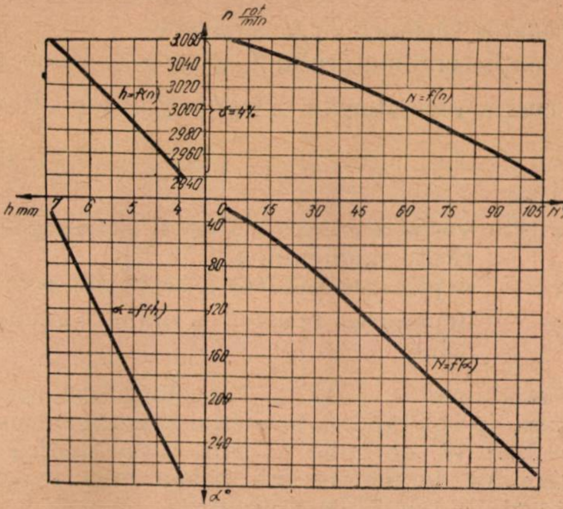


Fig. 3. Curbele statice:

n – turația turbinei; N – puterea turbinei; h – cursa regulatorului; α – unghiul servomotorului.

Pentru ca turbina să aibă o funcționare liniștită, fără oscilații de putere și turație, curba caracteristicii statice, $N = f(n)$, va trebui să fie continuu descendentă, fără porțiuni orizontale, astfel ca la fiecare turație să corespundă o putere determinată.

Statica reglării automate, prezentată în articolul de față, s-a realizat prin dimensionarea corespunzătoare a ansamblelor componente, curbele statice de reglare fiind redate în figura 3.

Analizînd figura 3, rezultă că prima problemă a fost rezolvată la nivelul prescris, adică caracteristica statică de reglare se prezintă sub forma unei curbe continue descendente, iar variația turației de la mersul în gol al turbinei la plină sarcină este de circa 4 %.

Dinamica reglării

Comportarea dinamică a reglajului rezultă din desfășurarea în timp a procesului de reglare, considerîndu-se în toate cazurile că apar oscilații amortizate, adică sistemul este stabil. Studierea dinamicii se poate face, din punct de vedere teoretic, pe baza ecuațiilor de mișcare ale ansamblului de elemente separate. Pentru aceasta se fac unele ipoteze simplificatoare, se rezolvă ecuațiile și se pot comenta rezultatele. Uneori, însă, este convenabil să se studieze comportarea sistemului fără a rezolva ecuațiile (cazul ecuațiilor clasice), după cum se va vedea în cele ce urmează.

Mişcarea independentă a organelor sistemului de reglare se prezintă sub forma unor ecuații diferențiale liniare de forma:

ecuația turbinei $T_a \varphi' - \mu = 0$ (1)

ecuația servomotorului $T_c \mu' + \mu + \eta = 0$ (2)

ecuația regulatorului $T_e^2 \eta'' + T_k \eta' + \eta - \frac{\varphi}{\delta} = 0$ (3)

în care

φ este variația relativă a turației (neregularitate momentană);

μ — deplasarea relativă a servomotorului;

η — deplasarea relativă a mufei regulatorului.

Variabilele φ, μ şi η, care formează acest sistem, se pot raporta uşor la o singură mărime variabilă W, obținînd ecuația caracteristică a sistemului de reglare sub forma unei ecuații diferențiale liniare de ordinul 4.

$$C_0 W^4 + C_1 W^3 + C_2 W^2 + C_3 W + C_4 = 0, \quad (4)$$

în care

$$C_0 = T_e^2 \cdot T_a \cdot T_c$$
$$C_1 = T_a \cdot T_e^2 + T_a \cdot T_c \cdot T_k$$
$$C_2 = T_a \cdot T_k + T_a \cdot T_c$$
$$C_3 = T_a \quad ; \quad C_4 = \frac{1}{\delta}$$

Cunoscînd ecuația caracteristică (4) şi ştiind că rezolvarea ecuațiilor de grad $\geqslant 4$ nu este totdeauna uşoară, vom studia stabilitatea fără a rezolva ecuația, folosind criteriile algebrice Routh-Hurwitz.

Putem defini în continuare noțiunea de stabilitate în felul următor: despre un sistem se poate spune că este stabil atunci cînd după o perturbație oarecare el tinde să revină în regim staționar [2].

Condiția amortizării oscilațiilor care apar în timpul funcționării reglajului automat cere ca părțile reale ale rădăcinilor ecuației caracteristice să fie negative. Aplicînd această condiție ecuațiilor de gradul 4, Routh şi Hurwitz au obținut condițiile algebrice de stabilitate prezentate mai jos:

$$C_0 > 0 \,;\; C_1 > 0 \,;\; C_2 > 0 \,;\; C_3 > 0 \,;\; C_4 > 0$$
$$C_1 \cdot C_2 - C_0 \cdot C_3 > 0$$
$$(C_1 \cdot C_2 - C_0 \cdot C_3)\, C_3 - C_1^2 \cdot C_4 > 0$$

Constantele dinamice ale sistemului de reglare au următoarele semnificații fizice:

$T_a = \frac{I \cdot \omega}{M_{max}} = 14{,}9$ s — timpul de ambalare a turboagregatului;

I — momentul de inerție al rotorului;

ω — viteza unghiulară nominală;

M_{max} — momentul de torsiune corespunzător puterii maxime;

$T_c = 0{,}95$ s — timpul de închidere a servomotorului;

$T_e = 0{,}025$ s — timpul regulatorului de turație;

$T_k = 0{,}00027$ s — timpul cataractului, este foarte mic, căci sistemul de reglare nu are cataract.

Executînd calculul numeric, vom avea:

$$C_0 = 0{,}00885 > 0 \qquad C_3 = 14{,}9 > 0$$
$$C_1 = 0{,}01312 > 0 \qquad C_4 = 25 \quad > 0$$
$$C_2 = 14{,}1540 > 0$$
$$C_1 \cdot C_2 - C_0 \cdot C_3 = 0{,}54 > 0$$
$$(C_1 \cdot C_2 - C_0 \cdot C_3)\, C_3 - C_1^2 \cdot C_4 = 7{,}63 > 0$$

Toate condițiile algebrice de stabilitate fiind îndeplinite, concluzia rezultă de la sine: toate oscilațiile accidentale vor fi amortizate, sistemul de reglare avînd stabilitate dinamică.

*

La sistemele de reglare automată care echipează turbinele cu abur, stabilitatea constituie o condiție necesară, însă nu totdeauna ea este singura condiție suficientă care se impune. Trecerea stabilă la noua stare de regim se poate face cu o variație a turației, mai mare sau mai mică, oscilatoriu sau aperiodic şi în intervalul diferiților timpi de reglare. Toate aceste proprietăți formează caracteristicile comportării dinamice ale reglajului, iar normele limitează creşterea accidentală a turației la o valoare mai mică decît cea la care intră în acțiune regulatorul de siguranță.

Analiza regimurilor tranzitorii, la trecerea bruscă a turbinei de la un regim la altul (descărcări bruşte), se poate face tot cu ajutorul ecuațiilor diferențiale ale reglării automate expuse mai sus. După cum s-a văzut, coeficienții T_e^2 şi T_k fiind foarte mici, se pot neglija membrii în care intră aceşti coeficienți, şi atunci ecuația regulatorului se poate scrie:

$$\eta - \frac{\varphi}{\delta} = 0 \text{ sau } \eta = \frac{\varphi}{\delta}, \quad (5)$$

iar din (1)

$$\mu' = T_a \varphi''. \quad (6)$$

Introducînd aceste expresii în (2), se obține:

$$T_c \cdot T_a \cdot \varphi'' + T_a \cdot \varphi' + \frac{\varphi}{\delta} = 0. \quad (7)$$

Astfel s-a obținut ecuația de mişcare care exprimă variația vitezei unghiulare în timp.

Presupunînd că T_a, δ şi T_c sînt mărimi constante şi independente de deschiderea servomotorului și de viteza unghiulară, atunci ecuația (7) poate fi integrată obținîndu-se o ecuație de forma cea mai generală :

$$\varphi = C_1 \cdot e^{W_1 t} + C_2 \cdot e^{W_2 t}. \qquad (8)$$

Ecuația caracteristică va avea următoarea formă :

$$T_c \cdot T_a \cdot W^2 + T_a \cdot W + \frac{1}{\delta} = 0, \qquad (9)$$

cu rădicinile :

$$W_{1,2} = -\frac{1}{2T_c} \pm \sqrt{\frac{1}{4 \cdot T_c^2} - \frac{1}{\delta \cdot T_a \cdot T_c}}.$$

Dacă $\delta T_a > 4\,T_c$, rădăcinile vor fi reale și negative, trecerea de la un regim la altul reprezentîndu-se printr-o curbă aperiodică.

Dacă $\delta \cdot T_a < 4\,T_c$, rădăcinile vor fi complexe, iar ecuația ia următoarea formă :

$$\varphi = e^{pt} \cdot (C_1 \cdot \cos qt + C_2 \cdot \sin qt) \qquad (10)$$

unde

$$p = -\frac{1}{2T_c}\,;\; q = \sqrt{\frac{1}{\delta \cdot T_a \cdot T_c} - \frac{1}{4\,T_c^2}}$$

Rădăcinile ecuației (10) fiind complexe și negative, trecerea de la un regim de funcționare la altul se reprezintă printr-o curbă oscilatorie amortizată.

În figura 4 este arătată caracteristica curbei de variație a turației turbinei în funcție de timp, pentru o scădere instantanee a sarcinii generatorului. Curba *a* arată desfășurarea aperiodică a procesului, adică atunci cînd $\delta \cdot T_a > 4\,T_c$, iar curba *b* reprezintă desfășurarea periodică amortizată a procesului, care se produce atunci cînd $\delta \cdot T_a < 4\,T_c$.

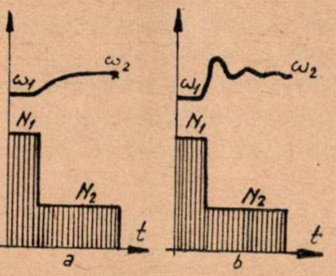


Fig. 4. Variația turației la descărcări bruște.

În cazul nostru concret :

$$\delta \cdot T_a = 0{,}04 \cdot 14{,}9 = 0{,}596\,;\; 4\,T_c = 4 \cdot 0{,}95 = 3{,}8$$
$$\delta \cdot T_a < 4\,T_c,$$

rădăcinile ecuației sînt complexe și procesul de reglare este periodic amortizat.

Vom calcula în cele ce urmează coeficienții ecuației de mișcare din condițiile inițiale ale procesului de reglare :

$$p = -\frac{1}{2\,T_c} = -0{,}526\,{}^1/\mathrm{s}.$$

$$q = \sqrt{\frac{1}{\delta \cdot T_a \cdot T_c} - \frac{1}{4\,T_c^2}} = 1{,}22\,{}^1/\mathrm{s}.$$

$$C_1 = -\lambda\delta = -0{,}0384\,; \quad \lambda = \frac{\Delta N}{N_{max}} = 0{,}96$$

$$C_2 = \frac{\lambda}{q}\left(\frac{1}{T_a} - \frac{\delta}{2\,T_c}\right) = 0{,}0357.$$

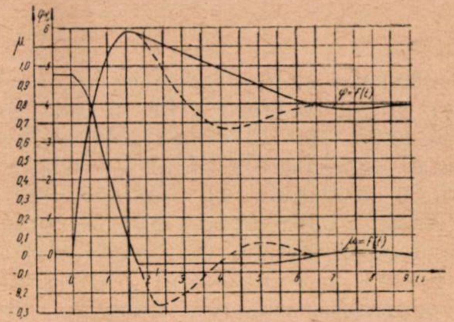


Fig. 5. Tachograma la descărcarea totală bruscă.

Ecuația reprezentînd variația turației va avea următoarea formă :

$$\varphi = e^{-0{,}256\,t}\,(-0{,}0384\,\cos 1{,}22\,t + \\ + 0{,}0357\,\sin 1{,}22\,t), \qquad (11)$$

iar ecuația de mișcare a servomotorului va fi :

$$\mu = e^{-0{,}256\,t} \cdot (0{,}338\,\cos 1{,}22\,t - \\ - 0{,}995\,\sin 1{,}22\,t). \qquad (12)$$

Curbele corespunzătoare acestor ecuații sînt redate în figura 5, în care se arată cum variază φ și μ la reglarea automată analizată mai sus, în cazul unei descărcări bruște de la plină sarcină, creșterea dinamică a turației încadrîndu-se în limitele impuse inițial.

Observații asupra calcului dinamic al reglării automate

Integrarea ecuațiilor de mișcare permite să se determine numai aproximativ legea de mișcare a elementelor separate ale sistemului de reglare automată. Mai sus s-a observat o serie de ipoteze simplificatoare (neglijarea unor factori, servomotorul are două amplificări etc.), care au fost puse la baza construirii ecuațiilor diferențiale. În legătură cu aceasta se menționează că neglijarea unui factor care la prima vedere are o însemnătate secundară poate să introducă în rezultat o greșeală principală.

Cele spuse arată că simultan cu calculul matematic, construcția sistemelor de reglare trebuie să se bazeze și pe rezultatele verificărilor experimentale pe turbine în funcțiune. Datele verificărilor experimentale constituie, de asemenea, un material de bază în scopul îmbunătățirii sistemelor actuale de reglaj.

Bibliografie

[1] Șcegliaev, A. V. și Smelnițki, S. G. *Regulirovanie parovîh turbin.* Gosenergoizdat, 1962.

[2] Gille, I. G., Decaulne, P. și Pelegrin, M. *Teoria și calculul sistemelor de reglare automată.* Editura tehnică, 1962.

[3] Graul, K. *Dampfturbinen Regelung.* V.E.B. Verlag Technik, 1960.

[4] Kopelovici, A. P. *Sisteme de reglare automată, metode de calcul inginerești.* Editura tehnică, 1963.

[5] Șcegliaev, A. V. *Regulirovanie parovîh turbin.* ONTI, 1938.

O importantă sursă secundară de energie: răcirea uscată a cocsului

Ing. **I. Barbu**, ing. **C. Novac** și chim. **Paula Grigorescu**

La o cocserie cu o producție de 1 000 000 t cocs pe an se pierd prin răcirea umedă a cocsului circa 260—300 miliarde kcal/an, sau, în abur ce se poate obține prin folosirea acestei călduri, o cantitate de 350—450 000 000 kg abur. Aceasta corespunde folosirii unei cantități de circa 45 000 000 m^3 de gaz metan, sau a circa 48 000 t combustibil convențional ars într-o centrală, respectiv circa 24—26% din cantitatea de căldură folosită la încălzirea bateriilor de cocs.

Norul de abur alb ce marchează stingerea umedă a cocsului și caracterizează pierderea a circa 1/4 din căldura consumată la cocsificare, este și simbolul uneia dintre cele mai mari risipe de energie de căldură în industria siderurgică.

Pentru a se recupera căldura sensibilă a cocsului — această sursă importantă de energie secundară — la evacuarea acestuia din cuptor și pentru a se asigura răcirea lui, de la temperatura de circa 1 000°C cu care se evacuează din cuptor, la temperatura mediului ambiant (sau la o temperatură acceptabilă pentru manipulări și transport, de 100—300°C), s-a preconizat și s-a introdus în practică stingerea — răcirea — uscată a cocsului cu gaze inerte.

Cu ajutorul gazelor inerte, căldura sensibilă a cocsului se transferă de la cocsul fierbinte la un cazan recuperator, în care, cu ajutorul acestei călduri, se produce abur.

Deși, din punctul de vedere al economiei de căldură și al economicității producției de cocs, recuperarea acestei cantități mari de căldură este deosebit de importantă, totuși problemei răcirii uscate a cocsului nu i se dă atenția corespunzătoare, decît în ultimii ani. Primele instalații de răcire uscată experimentale și industriale au fost construite în Elveția, la uzinele de gaz.

Elveția fiind țară importatoare de cărbune, economisirea fiecărei tone de combustibil echivalează cu economia corespunzătoare de resurse energetice.

Astăzi există instalații de răcire uscată construite în Elveția, Anglia, R.F.G., Olanda, S.U.A. etc., la capacități ce variază între cîteva tone cocs pe zi și pînă la circa 1 000 t cocs/24 h (Uzina din Homécourt — Franța).

În ultimii ani, o dată cu punerea la punct a instalațiilor de producere a cocsului-brichete, după procedeul Rammler-Bilkenroth, la uzinele din Lauchhammer — R.D.G., pentru răcirea cocsului-brichete din cărbuni bruni, s-au introdus instalații de răcire uscată a cocsului cu o capacitate de prelucrare de 250 t/zi fiecare.

În cadrul uzinelor și instalațiilor de fabricare a cocsurilor formate prin brichetare cu liant, recuperarea căldurii sensibile a cocsului are o deosebită importanță, deoarece pe această cale se poate asigura o parte din aburul necesar brichetării, fără să se consume resurse energetice primare.

La un consum de circa 60—80 kg abur/t brichete, răcirea uscată a cocsului poate acoperi practic integral nevoile de abur tehnologic ale unei uzine cocso-chimice construite pentru producerea cocsului format.

Pentru realizarea răcirii uscate a cocsului și pentru recuperarea căldurii sensibile a lui, sînt folosite în mod industrial trei tipuri de instalații:

1. Tipul siloz de răcire, în care se încarcă, pe rînd, încărcătura diferitelor camere de cocsificare și din care se descarcă la partea inferioară cocsul răcit. Acest tip este caracterizat printr-o mare capacitate și o suprafață ocupată relativ mică (fig. 1).

2. Tipul cameră de răcire în care se încarcă pe rînd cocsul incandescent din cîte o cameră de cocsificare. O cameră de răcire poate deservi 3—4 camere de cocsificare. Acest tip permite o manipulare mai menajată a cocsului, însă ocupă o suprafață mai mare (fig. 2).

3. Tipul cu conteiner, în care cocsul incandescent, descărcat într-un vagon-conteiner, este introdus într-o cameră de răcire alcătuită dintr-un cazan acva-tubular, ale cărui țevi fierbătoare sînt astfel aranjate, încît formează un ecran răcitor. Acest tip servește pentru răcirea unor încărcături mici, la uzine cu camere puține (uzinele de gaz ale orașelor mici), și nu au o deosebită importanță pentru cocserii (fig. 3).

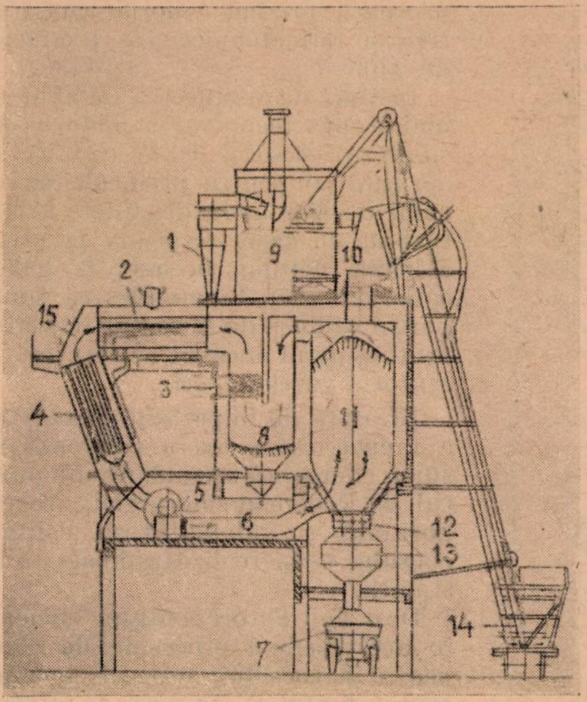


Fig. 1. Secțiune printr-o instalație de răcire uscată a cocsului, tip siloz :

1 – ciclon ; *2* – cazan recuperator ; *3* – supraîncălzitor ; *4* – economizor ; *5* – ventilator ; *6* – conductă de gaz de răcire ; *7* – vagonet pentru cocs răcit ; *8* – sac de praf ; *9* – ventilator ; *10* – gură de încărcare ; *11* – siloz ; *12* – dispozitiv de descărcare ; *13* – cuvă de cocs rece ; *14* – schip ; *15* – gură de vizitare ;

Duratele de răcire variază între 2 –3 ore la tipul siloz, 75 –90 minute la tipul cameră și 1 –1,3 ore la instalațiile mici cu conteiner.

După cum se vede din diagrama din figura 4, cantitatea de căldură ce se poate obține la răcirea unei tone de cocs de 1 000°C, la 300°C, este suficientă pentru a produce 400 kg abur saturat la 13 at din apa de alimentare la 80°C.

În cazul în care cantitatea de abur depășește necesarul pentru satisfacerea nevoilor de abur ale uzinei de gaz sau ale cocseriei, pentru nevoile secțiilor chimice și de distilare a gudronului, el poate fi folosit la producerea de curent electric.

La o instalație de 1 000 t cocs/zi se poate monta un generator de 2 500 kW și se poate obține o producție zilnică de 60 000 kWh. În acest caz, variațiile de debit, inerente mersului discontinuu al instalației de răcire uscată, sînt egalizate prin folosirea aburului produs în instalații complementare, ca de exemplu : cazanele generatoarelor de gaz, cazane cu foc direct etc.

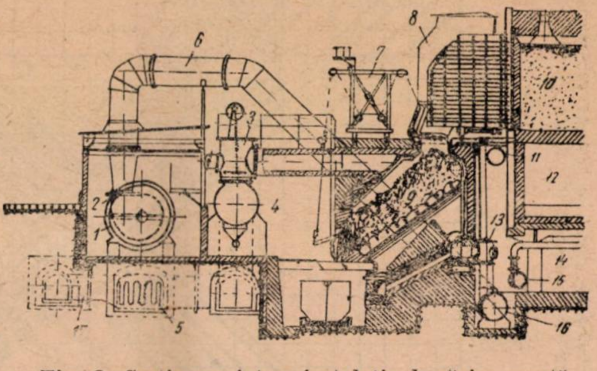


Fig. 2. Secțiune printr-o instalație de răcire uscată a cocsului la uzina de gaz-cocs Kiel-Wik :

1 – cazan recuperator ; *2* – ventilator ; *3* – ventil de gaz fierbinte ; *4* – conductă principală spre cazan ; *5* – supraîncălzitor ; *6* – conductă de gaz rece ; *7* – vagon pentru ridicarea capacului ; *8* – vagon de ghidaj ; *9* – cameră de răcire a cocsului ; *10* – cuptor ; *11* – conductă de gaz bogat ; *12* – regenerator ; *13* – ventil de gaz rece ; *14* – spațiu de manevră a ventilelor ; *15* – conductă de distribuire a gazului sărac ; *16* – conductă de gaz de răcire de la cazan ; *17* – trecere la supraîncălzitor.

Din datele realizate la diferite instalații industriale de răcire uscată, în tabela 1 sînt pre-

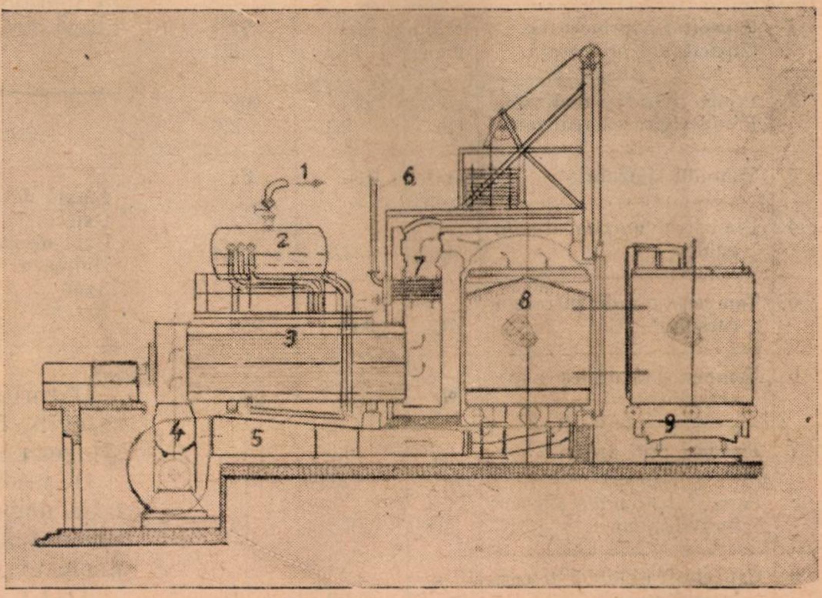


Fig. 3. Secțiune printr-o instalație de răcire uscată a cocsului, tip cameră cu conteiner :

1 – ieșire abur ; *2* – tambur ; *3* – cazan ignitubular ; *4* – ventilator ; *5* – conductă de gaz de răcire ; *6* – conductă ; *7* – supraîncălzitor ; *8* – cameră pentru cocs ; *9* – vagon de transport pentru conteinerul de cocs.

zentați indicii obținuți la instalațiile de la Lauchhammer și de la uzina de gaz de la Eisenach din R.D.G.

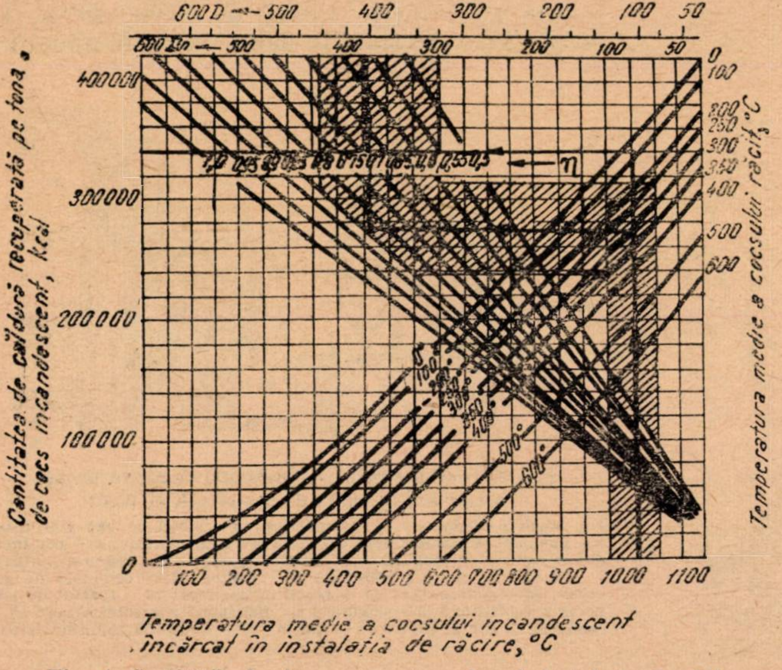


Fig. 4. Cantitățile de abur ce se pot produce la instalația de răcire uscată a cocsului:

D_n – producția de abur în kg/t cocs incandescent, raportat la abur normal de 1 ata și cu apă de alimentare la 0 °C; D – producția de abur în kg pe tona de cocs incandescent, calculată la abur saturat de 13 at și cu apă de alimentare la 80 °C; η – randamentul total al instalației de răcire uscată a cocsului.

Tabela 1

Nr. crt.	Denumirea	U/M	Lauchhammer	Eisenach
1	Capacitatea proiectată Capacitatea proiectată	t/24 h t/h	250 10,4	74 3,1
2	Productivitatea realizată Productivitatea realizată	t/24 h t/h	220 9,1	62 2,6
3	Volumul silozului	m³	130	37
4	Diametrul maxim al silozului	m	4,7	3,4
5	Temperatura de intrare a cocsului*	°C	900	950
6	Temperatura de ieșire a cocsului*	°C	60	200
7	Pierderi prin arderi	%	0,3	—
8	Capacitatea chiblei de cocs incandescent	m³	6,3	4,6
9	Capacitatea chiblei de cocs incandescent	t	4,2	3
10	Puterea motorului de ridicare a chiblei	kW	6	4,5

* raportat la răcitorul de cocs.

Gazele inerte vehiculate în aceste instalații au compozițiile din tabela 2.

În tabela 3 sînt prezentate datele acelorași instalații privind valorile constructive și termotehnice ale producerii de abur.

În afară de producerea de abur s-a mai propus recuperarea căldurii sensibile a cocsului cu o turbină de aer cald sau pentru preîncălzirea aerului de la camera de ardere a unei turbine cu gaze, respectiv la preîncălzirea aerului necesar la gazificarea mixtelor. Bineînțeles că transportul căldurii de la cocsul incandescent la aerul încălzit se face tot cu ajutorul gazelor inerte.

În afară de importanța energetică a răcirii uscate, ca o valoroasă resursă energetică secundară, din punctul de vedere al siderurgiei, are importanță și îmbunătățirea calității cocsului ce se realizează în aceste instalații.

Deși unii autori contestă eficiența în acest sens a procesului de răcire uscată a cocsului, totuși trebuie acceptat faptul că, în ceea ce privește unele caracteristici, cocsul răcit pe cale uscată diferă de cel stins în mod violent cu apă.

Astfel, cocsul răcit uscat are, bineînțeles, o putere calorică mai mare, corespunzător celor 6–10% umiditate lipsă. Procentele de materii volatile sînt repartizate mai uniform între bucățile de cocs, deoarece în instalația de răcire uscată are loc o degazare ulterioară a porțiunilor insuficient degazate.

Tabela 2

Componenți	Simbol	Lauchhammer, %	Eisenach, %
Bioxid de carbon	CO_2	6—11	15,4
Oxigen	O_2	1—4	1,5
Oxid de carbon	CO	1—3	1,9
Hidrogen	H_2	0,5—2	1,1
Azot	N_2	78—91	80,1
Metan	CH_4	0,4	—

Datorită răcirii treptate a bucăților de cocs, se evită formarea tensiunilor ce apar în cazul stingerii bruște cu apă.

De fapt, prin acest fenomen se explică granulația mai bună a cocsului răcit pe cale uscată, precum și rezistența mai bună, observată în unele experimentări comparative.

Astfel, la uzinele de gaz din Kiel – R.F.G., care lucrează cu instalații-cameră, așezate la locul rampei de răcire (fig. 2), la o manipulare extrem de protejată a cocsului, la încercări paralele în toba Micum s-au obținut rezistențe

Tabela 3

Nr. crt.	Denumirea	U/M	Lauchhamer	Eisenach
1	Suprafaţa economizorului	m²	108	115
2	Suprafaţa preîncălzitorului	m²	36	22,5
3	Suprafaţa cazanului	m²	378	225
4	Suprafaţa supraîncălzitorului	m²	18	18
5	Suprafaţa de răcire ulterioară	m²	108	—
6	Suprafaţa totală a cazanului	m²	1 296	389,5
7	Temperatura gazelor inerte înainte de supraîncălzitor	°C	600	575
8	Temperatura de ieşire a gazelor inerte după economizor	°C	90	117
9	Temperatura de intrare a apei de alimentare	°C	100	110
10	Cantitatea de căldură a cocsului fierbinte	kcal/t·h %	299 200 100	436 000 100
11	Pierderi	kcal/t·h %	26 900 10	56 700 13
12	Căldura cedată de cocs (fără a lua în considerare căldura produsă prin arderea lui)	kcal/t·h %	272 300 90	379 300 87
13	Abur produs	t/h	2,523	0,912
14	Abur/t cocs	t/t	0,341	0,354
15	Temperatura aburului	°C	285	380
16	Presiunea medie a aburului	at	11,5	9,5
17	Cantitatea de căldură conţinută în abur	kcal/kg	728	773
18	Cantitatea de căldură/t cocs	kcal/t	248 000	274 000

de $M_{40} = 87{,}4\%$ la cocsul răcit uscat, faţă de rezistenţe medii de 85,2% la cocsul stins umed.

Din rezultatele obţinute la uzinele din Dagenham-Anglia, la folosirea directă în furnale a cocsului răcit pe cale uscată, se obţine o economie de 5—7% cocs, această uzină realizînd cel mai redus consum de cocs pe tona de fontă dintre toate uzinele engleze.

Efectul răcirii uscate se observă şi la folosirea în aglomerator a cocsului mărunt răcit uscat, împreună cu cocsul metalurgic, atingîndu-se temperaturi de aglomerare în circa 1/4 din timpul folosit la aglomerarea cu cocs mărunt umed.

Uzina din Dagenham — Anglia consumă zilnic 25 t mărunt de cocs uscat la aglomerator.

La instalaţiile de tip siloz are loc şi o condiţionare a granulaţiei cocsului, prin uniformizarea acesteia, datorită solicitărilor mecanice la care este supus cocsul la trecererea prin aceste instalaţii.

Procentul de granulaţii mari este întrucîtva redus în favoarea granulaţiilor intermediare, fenomen care asigură o permeabilitate mai bună a stratului de cocs în furnal.

În urma acestor fenomene, cocsul răcit pe cale uscată, deşi are o granulaţie medie ceva mai mică, are o rezistenţă mai mare şi o uniformitate mai înaintată.

Răcirea uscată a cocsului are, însă, din punctul de vedere al calităţii, şi un dezavantaj, deoarece prezintă un conţinut ceva mai ridicat de sulf în cocs.

Procedeele de fabricare a cocsului-brichete, ca de exemplu cel aplicat la Lauchhammer, impun în unele cazuri răcirea uscată a acestui cocs.

Deşi construite la început mai ales pentru recuperarea căldurii sensibile a cocsului şi producere de abur, astăzi răspîndirea instalaţiilor de acest fel se datoreşte şi calităţii mai bune a cocsului răcit pe cale uscată faţă de cea a cocsului stins cu apă şi indicilor mai buni ce se obţin la furnale prin folosirea acestuia.

Din punct de vedere economic, după datele prezentate în literatură, rezultă că răcirea uscată a cocsului, deşi cere investiţii iniţiale mari, permite amortizarea instalaţiilor respective într-o perioadă relativ scurtă, de 5—6 ani, numai prin valorificarea căldurii recuperate şi fără a ţine seamă de economiile şi indicii tehnico-economici superiori realizați la furnal. Adaptarea răcirii uscate a cocsului la noile instalații a devenit o practică din ce în ce mai răspîndită și se preconizează în mod intens extinderea ei la instalațiile vechi unde există condițiile respective de spațiu și posibilități de amenajare.

Bibliografie

[1] * * * *Siderurgia țărilor capitaliste*, vol. VI. *Producția cocso-chimică*, cap. VIII — *Stingerea uscată a cocsului.*

[2] Schädlich, H. *Trockenkokskühlung.* Freiberger Forschungshefte, seria A. 190, Akademie-Verlag, Berlin, febr. 1962.

[3] Schädlich, H. *Beitrag zur Trockenkühlung von Braunkohlenkoks.* Freiberger Forschungshefte, seria A. 159, Akademie-Verlag, Berlin, apr. 1960.

[4] Saphier, I. *Recuperarea pierderilor de căldură din industrie.* Ed. Acad. R.P.R., 1953.

[5] Dietrich, W. *Koks — Trockenkühlung — in dem Gaswerken der DDR*, partea I, Mitteilungen. Institut für Energetik, Leipzig, nr. 48/1962.

[6] Lennhauser, W. *Kokstrockenkühlung.* Kokereiwesen — Haus der Technik Vulkan — Verlag, Essen.

[7] Nadziakiewicz, I. *Despre perspectivele și eficiența economică a stingerii uscate a cocsului.* Koks Smola Gaz — R.P.P., nr. 1, ian.—febr. 1962.

[8] * * * *Techniceskii progres v cernoi metalurgh ii SSSR* Teploenerghetika, Metallurghizdat, 1962.

Consecințele cunoașterii imperfecte a transmisiei de căldură în camerele de ardere ale cazanelor de abur care funcționează pe gaz metan și posibilitatea înlăturării lor[*]

Ing. **Gh. Chercea**

In transmisia de căldură care are loc în cazanele de abur, cota-parte aferentă camerei de ardere este de 30 — 40% din întreaga cantitate de căldură cedată în cazan, și deci determinarea precisă a transmisiei de căldură în camerele de ardere are o mare importanță asupra preciziei calculului termic al cazanului.

Literatura de specialitate cuprinde un număr apreciabil de metode de calcul al transmisiei de căldură în camerele de ardere. În majoritatea lor, aceste metode se bazează pe două ecuații principale, și anume : ecuația bilanțului termic în camera de ardere și ecuația transmisiei de căldură în spațiul camerei de ardere. Ecuația transmisiei de căldură se bazează pe legea Stefan — Boltzman. După cum se știe, această lege a fost formulată în cazul condițiilor echilibrului termodinamic, cînd temperatura în orice punct al camerei de ardere are una și aceeași valoare, iar gradul de negreală este egal cu unitatea. Folosirea acestei legi pentru cazuri complexe de radiație, în care există cîmp de temperatură, duce la introducerea unor noțiuni noi, anume temperatura efectivă a mediului și gradul de negreală real al spațiului camerei de ardere.

Majoritatea metodelor de calcul admit ca temperatură efectivă temperatura medie a produselor de ardere în secțiunea de ieșire a camerei de ardere. Alți autori consideră această temperatură ca o funcție de temperatura teoretică de ardere și temperatura la ieșire din camera de ardere.

A doua mărime care intervine în calcul este gradul de negreală real al camerei de ardere. El depinde de temperatură și de mulți alți factori, care caracterizează starea mediului în camera de ardere; din această cauză, determinarea sa este foarte dificilă. În calcule se folosește un grad de negreală determinat pe baza unor date experimentale obținute în condiții idealizate.

Este interesant de amintit că abia în urmă cu cîțiva ani au început să fie larg folosite metode de calcul fundamentate teoretic. Pînă atunci se bucurau de o largă răspîndire metodele de calcul empirice.

În general se poate spune că stabilirea unei metode precise de calcul este foarte dificilă și că erorile metodelor de calcul existente provin din simplificarea fenomenelor din camera de ardere.

În cazul arderii combustibilului gazos, metodele de calcul actuale sînt și mai puțin exacte. Studiul radiației în camerele de ardere alimentate cu combustibil gazos este încă insuficient, iar rezultatele nu sînt concludente. Radiația produselor de ardere ale gazului metan ridică probleme speciale, care încă n-au fost studiate amănunțit.

Este cunoscut faptul că gazul poate să ardă cu flacără luminoasă sau neluminoasă. În ultimul caz și presupunînd o ardere completă, flacăra constă dintr-un amestec de produse de ardere triatomice, azot și oxigen. Caracteristicile de radiație ale acestei flăcări sînt determinate de bioxidul de carbon și de vaporii de apă conținuți în produsele de ardere. Aici se face o primă aproximație, și anume : în calcul se neglijează radiația SO_2, înglobîndu-se acesta în CO_2. Părerile sînt împărțite în ceea ce privește combustibilul gazos de putere calorică scăzută, însă în cazul gazului metan se consideră unanim că aproximația este bună. De altfel, conținutul de sulf în gazul metan este nul sau infim, așa că diferența dintre radiația SO_2 și CO_2 nu are nici o influență.

---

[*] Referat prezentat la cea de-a doua sesiune de comunicări tehnico-științifice a Intreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME).

În cazul arderii gazului cu flacără luminoasă, pe lîngă produsele de ardere triatomice, se găsesc și particule fine de carbon, care produc efectul luminos. Formarea acestor particule de carbon are loc în urma disocierii gazului metan încălzit la temperatură ridicată înainte de a se amesteca cu aerul. Faptul că în flacără se găsesc particule de carbon aduce o modificare importantă a capacității de radiație, care depinde de concentrația și dimensiunile particulelor de carbon din flacără. Problema se complică și mai mult dacă avem în vedere faptul că, spre deosebire de conținutul de CO_2 și H_2O, conținutul de carbon are valori foarte diferite în diferite zone ale flăcării. Concentrațiile maxime se vor găsi, bineînțeles, în zona arzătoarelor, la o mică distanță de acestea; pe măsura îndepărtării de arzătoare și deci pe măsura arderii, concentrația particulelor de carbon se reduce.

Gradul de luminozitate este o problemă de arzător și este foarte greu de a găsi indici constructivi care să-l determine. Flacăra poate să fie aproape transparentă, cu o foarte ușoară nuanță gălbuie, și poate avea zone opace de un alb strălucitor în apropierea arzătoarelor. La prima vedere s-ar părea că cea mai comodă cale de rezolvare ar fi studierea unor tipuri caracteristice de flăcări și folosirea rezultatelor prin asemănare. Lucrurile nu sînt însă atît de simple, pentru că, după cum s-a arătat, indicii constructivi sînt foarte greu de stabilit, iar peste aceștia intervin indicii de exploatare, a căror stabilire este imposibilă. De aici rezultă că determinarea structurii flăcării de gaz nu se poate face cu precizie și deci este necesară adoptarea unor idealizări ale fenomenelor, care vor introduce erori în calcule.

Într-o primă aproximație, gradul de negreală a flăcării poate fi scris astfel:

$$a_{fl} = x\, a_l + (1 - x)\, a_n,$$

unde

x reprezintă cota din volumul camerei de ardere umplută cu flacără luminoasă;

a_l și a_n — gradele de negreală a flăcării luminoase, respectiv neluminoase.

Pentru camerele de ardere ale cazanelor de abur care funcționează pe gaz metan, în cazul arderii normale, $x = 0{,}5 - 0{,}6$.

Calculul se poate face numai cu o aproximație destul de grosolană, admițînd că partea de jos a camerei de ardere este plină cu o flacără luminoasă, iar restul camerei de ardere este umplut numai cu gaze triatomice. Pe baza acestei aproximații este stabilită cifra de umplere a focarului β din normele de calcul termic VTI — TKTI.

Gradul de negreală a camerei de ardere are valoarea:

$$a_c = \frac{a_{fl}}{a_{fl} + (1 - a_{fl})\, \psi},$$

unde ψ este coeficientul de eficacitate termică a camerei de ardere.

Analizînd această relație, se poate vedea că radiația camerei de ardere poate să devină egală cu cea a corpului negru în două cazuri:

— gradul de negreală a flăcării este egal cu unitatea, $a_{fl} = 1$;

— camera de ardere este adiabată ($\psi = 0$), adică la granița flăcării nu are loc o răcire a gazelor.

Relația a fost dedusă făcînd ipoteza că ecranele acoperă toți pereții camerei de ardere în mod uniform. Dacă însă ecranarea este neuniformă, în locul coeficientului ψ se va introduce un coeficient mediu de eficacitate termică:

$$\bar{\psi} = \frac{\sum \psi_i F_i}{F_{per}}.$$

Pentru suprafețele neecranate $\psi = 0$.

Metoda de determinare a gradului de negreală a camerei de ardere este și ea aproximativă și poate da naștere la erori.

Altă sursă de erori este așa-numitul factor de formă a ecranelor. În metodele de calcul actuale, excluzînd metoda lui Ledinegg, la stabilirea factorului de formă, ecranele se consideră absolut reci și absolut negre. În practică, gradul de negreală a oțelului și fierului oxidat pînă la temperaturi de circa 600° are valori de ordinul 0,7 —0,9, care se deosebesc de unitate. Aproximația este destul de mare și are o influență sensibilă asupra calculului suprafeței de radiație.

Din cele cîteva elemente prezentate apare clar dificultatea stabilirii unei metode precise de calcul al transmiterii căldurii în camerele de ardere și deci a unei metode precise de calcul termic al cazanelor de abur. Această situație implică necesitatea adoptării unei metode de calcul aproximative, dar care să corespundă cît mai bine realității.

Proiectarea unui cazan de abur începe cu calculul termic al acestuia și se continuă cu calculul constructiv, aerodinamic etc. Calculul de rezistență al elementelor de cazan care lucrează sub presiune se bazează pe valorile temperaturilor aburului și gazelor arse obținute din calculul termic. De exemplu, pentru a dimensiona grosimea peretelui țevii de supraîncălzitor, este necesară cunoașterea următoarelor elemente: temperatura aburului care circulă în țeavă și aceea a gazelor arse. Pe baza acestor valori se stabilește temperatura peretelui, folosind una din următoarele căi, și anume:

— adăugînd o cantitate fixă la temperatura aburului (normele DIN);

— calculînd-o cu ajutorul unei ecuații în care intervin coeficienții de transmisie a căldurii, încărcarea termică a supraîncălzitorului din zona respectivă etc. (normele TKTI).

Prima metodă dă în general rezultate acoperitoare și în unele cazuri mult acoperitoare, ceea ce duce la supradimensionarea supraîncălzitorului și deci la scumpirea construcției cazanului. A doua metodă, evident mai corectă, necesită cunoașterea unui mare număr de elemente care nu pot fi determinate precis, și deci pot apărea și aici erori.

Rămîne deci de ales între alternativele :

— o supradimensionare a grosimii peretelui ;

— o dimensionare conform rezultatelor calculului termic, acceptînd riscurile respective.

A alege între aceste alternative este evident dificil, însă nu există o cale de mijloc.

Cele arătate pot fi ilustrate examinînd cazul cazanului de 420 t/h TGM-84, al cărui supraîncălzitor se compune din următoarele elemente : supraîncălzitorul frontal de radiație, supraîncălzitorul de plafon, supraîncălzitorul-paravan și supraîncălzitorul de convecție.

Pentru a preîntîmpina avarierea supraîncălzitorului de plafon, executat din OL 20, uzina constructoare a limitat temperatura aburului la ieșirea din acest supraîncălzitor la valoarea de 420°C.

Temperatura aburului la ieșirea din supraîncălzitorul de plafon, rezultată din calculul termic întocmit de uzina constructorare, este de 395°C. În cadrul încercărilor de punere la punct efectuate la CET Borzești au fost măsurate temperaturi care atingeau 440°C. Diferența de 45°C este mai mult decît supărătoare. Soluția de moment a fost introducerea de aer prin etajul superior de arzătoare. În felul acesta s-a reușit să se mențină temperatura aburului la ieșirea din supraîncălzitorul de plafon la valoarea medie de 400°C.

Valorile maxime înregistrate au fost de 410°C.

Acest exemplu ilustrează efectele aproximațiilor în calculul termic al unui cazan cu suprafețe de supraîncălzire prin radiație dezvoltate. Pentru a se îmbunătăți funcționarea sînt necesare modificări importante, și anume :

— reducerea însemnată a supraîncălzitorului-paravan ;

— reducerea parțială a supraîncălzitorului de convecție ;

— înlocuirea metalului la supraîncălzitorul de plafon.

Înlăturarea consecințelor amintite anterior este destul de dificilă. Această afirmație nu se referă la modificările constructive ale cazanelor care survin în perioada de punere la punct, ci la posibilitatea evitării neajunsurilor arătate încă în faza de proiectare.

În primul rînd sînt absolut necesare inițierea și efectuarea unor cercetări amănunțite asupra radiației flăcării de gaz metan. Problema este deosebit de importantă, și aici Institutul de energetică al Academiei R.P.R. poate avea o contribuție substanțială. Pe baza rezultatelor acestor cercetări se pot adopta metode de calcul corecte atît pentru calculul termic al camerei de ardere cît și pentru calculul solicitărilor termice ale suprafețelor de schimb de căldură.

În al doilea rînd este absolut necesară studierea atentă a supraîncălzitorului în faza de proiectare. Aceasta comportă alegerea variantei optime de amplasare a suprafețelor de supraîncălzire în cazan. O atenție deosebită trebuie acordată regulatoarelor de temperatură atît în ce privește capacitatea cît și amplasarea lor.

În concluzie se poate spune că, avînd la bază rezultatele unor cercetări amănunțite și ținînd seamă de experiența de exploatare și proiectare acumulată, se pot înlătura consecințele neplăcute ale cunoașterii imperfecte a transmisiei de căldură în camerele de ardere ale cazanelor de abur. Un studiu amănunțit al acestei probleme se impune ținînd seamă și de faptul că, în curînd, în țara noastră se va trece la fabricarea de cazane de abur cu presiuni nominale foarte ridicate și producție de abur foarte mare, cum sînt cazanele de 420 t/h.

Relee-filtru de componente simetrice inverse *

Ing. **R. Zimand**

În tehnica protecției prin relee se observă din ce în ce mai mult că nu mai dau satisfacție protecțiile care reacționează la parametrii electrici pe fază — curent, tensiune, impedanță —, adică parametrii controlați nemijlocit la ieșirea din transformatoarele de măsură. Aceasta se întîmplă din următoarele motive :

— liniile electrice funcționează foarte încărcate, ceea ce conduce la necesitatea de a desensibiliza protecțiile pentru ca acestea să nu lucreze intempestiv la vîrfuri de sarcină ;

— crește gradul de interconectare, ceea ce conduce la scăderea aportului de curent al fiecărei surse către locul avariei, pînă ce uneori curentul de scurtcircuit devine de același ordin de mărime cu curentul de sarcină ;

---

* Referat prezentat la cea de-a doua sesiune de comunicări tehnico-științifice a Intreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME).

— în timpul scurtcircuitelor sau după deconectarea lor apar în sectoare sănătoase ale rețelei pendulații între generatoare pe care protecțiile nu le pot distinge de scurtcircuite și ca atare se produc declanșări nejustificate.

Apare deci necesitatea unor protecții care să se întemeieze pe un parametru capabil să distingă regimul de sarcină sau de pendulație de regimurile de scurtcircuit.

Protecțiile care măsoară mărimi homopolare se folosesc cu succes în aceste scopuri. Dar domeniul de folosire a acestor protecții este limitat la scurtcircuite cu punere la pămînt în rețelele cu neutrul legat direct la pămînt.

Protecțiile care măsoară mărimi de componentă inversă (obținute la ieșirea din filtre speciale) prezintă avantajul că deosebesc regimul normal de cel de scurtcircuit și în același timp pot fi folosite și la scurtcircuite cu punere la pămînt și la scurtcircuite bifazate. Chiar și la scurtcircuite trifazate, pentru un timp foarte scurt apar componente inverse (fie din cauza neînchiderii simultane a fazelor întreruptorului, fie din cauza dezvoltării în timp a scurtcircuitului, fie în sfîrșit din cauza fenomenelor tranzitorii care au loc în transformatoarele de curent sau chiar în filtru).

La noi în țară, protecții bazate pe componente inverse sînt folosite la cîteva generatoare de putere peste 50 MW, ca protecție împotriva funcționării în regim dezechilibrat și ca blocaj la pendulații la protecțiile de distanță pe linia 110 kV Tîrnăveni-Sebeș-Pestiș.

În particular, aceste relee de blocaj la pendulații au dat rezultate bune, prevenind declanșarea liniilor, care înainte se producea frecvent la apariția pendulațiilor.

Se propune folosirea mult mai largă a protecțiilor de componente inverse, mai ales ca:

— blocaje voltmetrice;

— protecții maximale de rezervă la linii, transformatoare și generatoare;

— blocaj la pendulații (simultan poate juca și rolul de blocaj la suprasarcină și suprimă necesitatea unui blocaj la arderea siguranțelor din circuitul de tensiune);

— protecții comparative în calitate de însumatoare (căci la ieșirea din filtru apare o singură mărime, indiferent de numărul și numele fazei avariate — deci se pot economisi canalele de legătură dintre punctele între care se face comparația).

Avînd în vedere acest domeniu de folosire s-au elaborat următoarele prototipuri:

— filtru releu de tensiune de succesiune inversă;

— filtru releu de curent de succesiune inversă în două variante, avînd ca organ de măsură un releu electromagnetic sau un releu polarizat, alimentat printr-o schemă de redresare.

1. **Filtrul-releu de tensiune de succesiune inversă**

1.1. Schema acestui filtru a fost propusă de G.T. Atabekov și este larg folosită în U.R.S.S.

Schema de principiu este dată în figura 1. Bornele R, S, T sînt bornele de intrare pentru tensiunile de fază, iar bornele M și N sînt bornele de ieșire ale tensiunii filtrate de succesiune inversă.

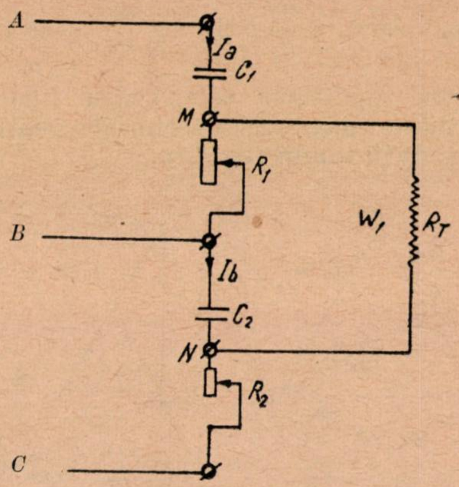


Fig. 1. Schema filtrului-releu de tensiune de succesiune inversă.

Componenta de tensiune homopolară este eliminată prin însuși modul de alimentare a filtrului. Într-adevăr, filtrul este alimentat cu tensiunile între faze U_{AB} și U_{BC}.

Scriind:

$$U_A = U_{A1} + U_{A2} + U_{A0}$$

$$U_B = a^2 U_{A1} + a U_{A2} + U_{A0}$$

$$U_C = a U_{A1} + a^2 U_{A2} + U_{A0},$$

unde:

U_A, U_B, U_C sînt tensiunile pe fază;

U_{A1}, U_{A2}, U_{A0} — componentele simetrice directe, inverse și homopolare;

a, a^2 — operatorii de rotire a vectorilor cu 120°;

rezultă:

$$U_{AB} = U_A - U_B = U_{A1}(1 - a^2) + U_{A2}(1 - a)$$

$$U_{BC} = U_B - U_C = U_{A1}(a^2 - a) + U_{A2}(a - a^2).$$

Se vede că tensiunile A_{AB} și U_{BC} nu conțin componenta homopolară.

Componenta de tensiune directă se elimină datorită parametrilor filtrului.

Elementele componente ale filtrului se aleg după cum urmează:

$C_1 = C_2 = 4 \mu F$; deci $X_1 = X_2 = 800\ \Omega$

$R_1 = 1400\ \Omega$

$R_2 = 465\ \Omega$

rezistențele sînt variabile pentru a permite reglarea filtrului la minimum de tensiune de dezechilibru.

Deci decalajul dintre I_a și U_{AB} este :

$$\varphi_1 = \operatorname{arc\,tg} \frac{X_1}{R_1} = \operatorname{arc\,tg} \frac{800}{1\,400} = 30°,$$

iar decalajul dintre I_b și U_{BC} :

$$\varphi_2 = \operatorname{arc\,tg} \frac{X_2}{R_2} = \operatorname{arc\,tg} \frac{800}{465} = 60°.$$

Pentru analizarea comportării filtrului se construiesc diagramele vectoriale pentru cele două situații-limită (fig. 2) :

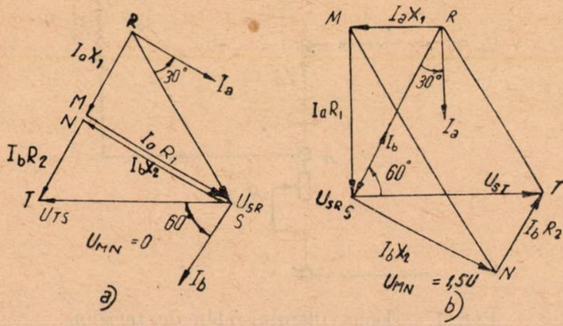


Fig. 2. Diagramele vectoriale ale filtrului de tensiune de succesiune inversă :

a – succesiune directă ; *b* – succesiune indirectă.

a) la bornele R, S, T se aduce un sistem trifazat de tensiuni de succesiune directă ;

b) la bornele R, S, T se aduce un sistem trifazat de tensiuni de succesiune inversă.

Triunghiurile RSM și STN, avînd ca laturi tensiunea aplicată la filtru $U = |U_{AB}| = |U_{BC}|$ și căderile de tensiune provocate de curenții I_a și I_b pe rezistențele R_1 și R_2 și reactanțele X_1 și X_2, sînt triunghiuri dreptunghice (considerînd capacitățile ca reactanțe pure).

Deci :

$$I_a R_1 = U \cos 30° = \frac{1}{2}\sqrt{3}\, U$$

$$I_a X_1 = U \cos 60° = \frac{1}{2}\, U$$

$$I_b R_2 = U \cos 60° = \frac{1}{2}\, U$$

$$I_c X_2 = U \cos 60° = \frac{1}{2}\sqrt{3}\, U$$

În cazul *a*, pct. M și N se găsesc pe latura RT. Deoarece

$$\overline{RM} = I_a X_1 = \frac{1}{2}\, U$$

$$\overline{TN} = I_b R_2 = \frac{1}{2}\, U$$

și

$$\overline{RT} = U,$$

rezultă că punctele M și N coincid. Deci la alimentarea filtrului cu tensiunea U de succesiune directă, tensiunea de ieșire din filtru $U_{MN} = 0$.

În cazul *b*, MN este baza unui triunghi isoscel cu unghiul la vîrf de 120° și laturile egale.

$$\overline{SM} = \overline{SN} = I_a\, R_1 = I_b\, X_2 = \frac{1}{2}\sqrt{3}\, U,$$

rezultă :

$$\overline{MN} = 2\ \overline{SM}\ \sin 80° = 1{,}5\ U.$$

Deci la alimentarea filtrului cu tensiune de succesiune indirectă U, tensiunea la ieșirea din filtru $U_{MN} = 1{,}5\ U$.

La ieșirea din filtru se conectează un releu electromagnetic de tensiune RT realizat prin rebobinarea unui releu „Electromagnetica".

Domeniul de lucru al releului (punctele de minim și de maxim ale scalei) este de 6 –12 V. Releul este gradat în valorile tensiunii între faze de succesiune inversă la intrarea în filtru.

1.2. Reglarea filtrului-releu presupune două operații :

– reglarea rezistențelor R_1 și R_2 în vederea obținerii unei tensiuni de dezechilibru minime la ieșire, la alimentarea filtrului cu tensiune de succesiune directă ;

– etalonarea scalei releului la alimentarea filtrului cu tensiune de succesiune inversă.

Pentru aceasta este necesară o sursă de tensiune trifazată reglabilă. Folosirea unei asemenea surse este suficient de incomodă, căci se impune reglarea simultană a celor trei tensiuni aplicate (în cazul cînd cele trei tensiuni, deși de succesiune directă, nu sînt riguros egale, apare o componentă inversă) și se cere o perfectă simetrie a unghiului de decalaj dintre cele trei tensiuni.

Pentru ușurarea etalonării s-a elaborat o metodă care necesită o sursă monofazată. Schema folosită este dată în figura 9, *a*. Se vede că în acest caz se aplică de fapt aceeași tensiune pe brațele RS și TS ale filtrului. Diagrama vectorială respectivă este dată în aceeași figură. Tensiunea la ieșirea din filtru U_{MN} este baza unui triunghi isoscel cu unghiul la vîrf de 120° și laturile egale :

$$\overline{RM} = \overline{RN} = I_a\, X_1 = I_b\, R_2 = \frac{1}{2}\, U.$$

Rezultă

$$\overline{MN} = 2\overline{RM}\ \sin 60° = \frac{1}{2}\sqrt{3}U.$$

Comparînd tensiunea la ieșirea din filtru, în cazul alimentării normale cu tensiune trifazată de succesiune inversă $U_{MN} = 1{,}5$ U, cu tensiunea la ieșirea din filtru la alimentarea acestuia cu tensiune monofazată $U'_{MN} = \frac{1}{2}\sqrt{3}\,U$, reiese următoarea metodă de etalonare:

— pentru fiecare punct de pe scala releului RT se notează valoarea tensiunii monofazate U la intrarea în filtru, care a provocat funcționarea releului;

— în dreptul acestor puncte se notează valoarea $U\frac{U_{MN}}{U'_{MN}} = U\frac{1}{\sqrt{3}}$ și astfel releul este etalonat în valoarea tensiunii trifazate (între faze) de succesiune inversă la intrarea în filtru.

În prealabil, releul poate fi etalonat și printr-o alimentare directă, independent de filtru. Observînd că unei tensiuni trifazate de succesiune inversă U la intrarea în filtru îi corespunde o tensiune 1,5 U la ieșirea din filtru, rezultă că, alimentînd direct releul cu tensiune, în dreptul punctului de pe scală se va nota nu valoarea tensiunii la care a lucrat releul, ci o valoare de 1,5 ori mai mică.

1.3. Parametrii filtrului sînt astfel aleși, încît se asigură filtrarea componentei de succesiune directă la frecvența de 50 Hz.

De aici rezultă două consecințe:

a) în cazul cînd tensiunea de succesiune directă la intrare conține armonice de frecvență superioare, acestea nu vor fi blocate de filtru;

b) la variația frecvenței în rețea apar tensiuni de dezechilibru la ieșirea din filtru.

Pentru evidențierea primei consecințe s-a oscilografiat tensiunea (de la rețea) trifazată de succesiune directă la intrarea în filtru (spotul mai gros) și tensiunea la ieșirea din filtru (spotul mai subțire).

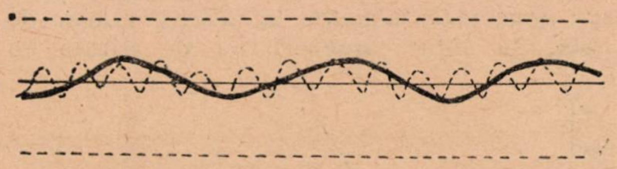


Fig. 3.

Se observă, în forma curbei la intrare, prezența unor armonice superioare (de altfel, de valoare mică). În schimb, la ieșirea din filtru se obține o tensiune cu armonica a cincea foarte pronunțată (armonica a treia nu apare, căci ea nu este conținută nici în tensiunea dintre faze de la intrare în filtru, din aceleași motive pentru care această tensiune nu conține nici componenta homopolară (v. 1.1.).

Totuși, acest lucru nu este periculos, căci la releul electromagnetic se mărește reactanța înfășurării atunci cînd apar armonice de frecvență superioară. Acest lucru se vede din figura 6, curba *a*, unde se arată că, pentru un reglaj dat al releului RT, tensiunea de lucru a releului crește direct proporțional cu creșterea frecvenței.

Pentru evidențierea celei de-a doua consecințe, s-a măsurat tensiunea de dezechilibru la ieșirea din filtru pentru o variație a frecvenței tensiunii de succesiune directă la intrarea în domeniul 46 —54 Hz (fig. 8, curba *2*). Tensiunea de dezechilibru crește cu variația frecvenței de la 50 Hz spre capetele domeniului, dar nu atinge nivelul necesar pentru a provoca funcționarea releului conectat la ieșire.

1.4. Consumul ansamblului filtru-releu este:

$$\left.\begin{array}{l}\text{— pe faza } R \;\; 60\text{ mA}\\ \text{— pe faza } S \;\; 125\text{ mA}\\ \text{— pe faza } T \;\; 100\text{ mA}\end{array}\right\}\text{ la 100 V tensiune între faze.}$$

2. Filtrul-releu de curent de succesiune inversă

2.1. Schema acestui filtru este originală. Schema de principiu este dată în figura 4, *a*. Filtrul conține două transformatoare T_1 și T_2, la care tensiunea în secundar E (la mers în gol) este proporțională cu curentul I din primar. Raportul de proporționalitate $K = \frac{I}{E}$ este același la ambele transformatoare. Transformatorul T_1 este realizat cu întrefier și tensiunea E_1 din secundarul său este decalată cu 60° înainte față de curentul din primar. Valoarea unghiului de defazaj se poate regla cu ajutorul rezistenței R_1.

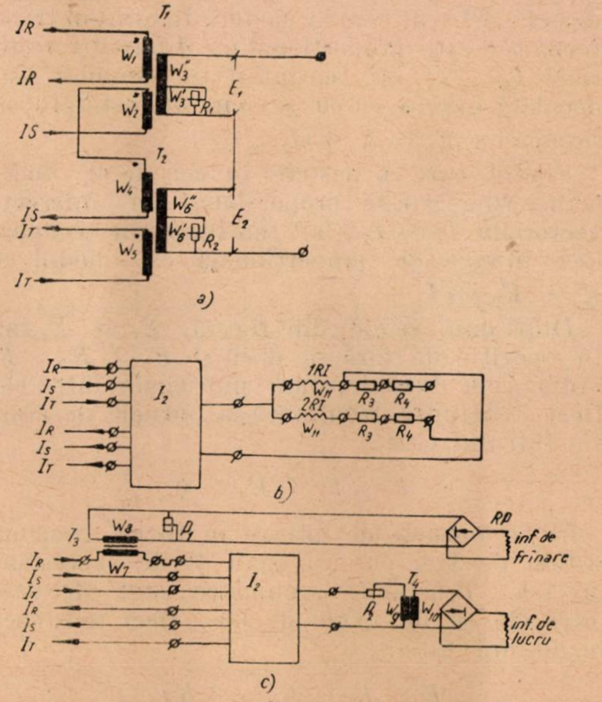


Fig. 4. Schema filtrului-releu de curent de succesiune inversă:

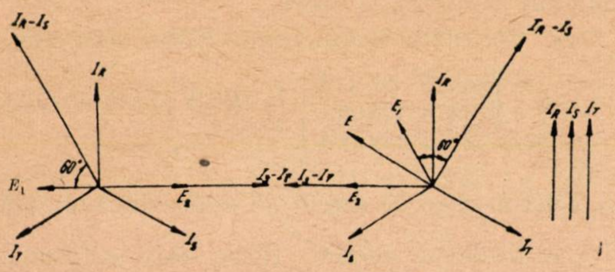
a — schema filtrului; *b* — schema filtrului la care sînt conectate relee electromagnetice; *c* — schema filtrului la care este conectat un releu polarizat; se folosește acțiunea de frînare în funcție de mărimea curentului de fază.

Transformatorul T_2 este realizat cu tole întrețesute și tensiunea E_2 din secundarul său este în fază cu curentul din primar.

Valoarea unghiului de defazaj se poate regla cu ajutorul rezistenței R_2.

Fiecare transformator are două înfășurări primare, cu număr egal de spire și bobinate în același sens.

Diagrama vectorială este dată în figura 5.



$E_1 = E_2$
$E = E_1 + E_2 = 0$

$E_1 = E_2$
$E = E_1 + E_2 = \sqrt{3}\, E_1$

Fig. 5. Diagrame vectoriale ale filtrului de curent de succesiune inversă:
a — succesiune directă; *b* — succesiune inversă; *c* — succesiune homopolară.

Pentru explicarea funcționării filtrului folosim aceeași metodă ca la 1.1.

a) La bornele de intrare în filtru avem un sistem de trei curenți egali și de succesiune directă. Fluxul care ia naștere în primul transformator este proporțional cu diferența vectorială $I_R - I_S$, iar tensiunea în secundar este decalată înainte cu 60° și ca modul este proporțională cu $E_1 = K_1 \sqrt{3} I$.

Fluxul care ia naștere în cel de-al doilea transformator este proporțional cu diferența vectorială $I_S - I_T$, iar tensiunea în secundar este în fază și proporțională ca modul cu $E_2 = K_2 \sqrt{3}\, I$.

După cum reiese din figură, E_1 și E_2 sînt în opoziție de fază și, dacă și $K_1 = K_2 = K$, atunci cele două tensiuni sînt egale între ele. Deci tensiunea rezultantă la bornele de ieșire ale filtrului este:

$$E = E_1 = E_2 = 0.$$

b) La bornele de intrare în filtru avem un sistem de trei curenți egali și de succesiune inversă. Tensiunile secundare sînt decalate între ele cu un unghi de 60°. Deci tensiunea rezultantă este:

$$E = E_1 + E_2 = 3\,KI.$$

c) La bornele de intrare în filtru avem un sistem de trei curenți egali și de succesiune homopolară. În acest caz, deoarece

$$I_R - I_S = I_S - I_T = 0,$$

fluxurile sînt nule și deci

$$E = E_1 + E_2 = 0.$$

Deci filtrul permite trecerea numai a componentei inverse.

Organul de măsură poate fi fie un releu electromagnetic (fig. 4, *b*), fie un releu polarizat alimentat printr-o punte de redresare (fig. 4, *c*).

În cazul folosirii releelor electromagnetice *RC* (obținute prin rebobinarea unor relee de tensiune ,,Electromagnetica''), se pot obține următoarele game de lucru: 2,5 —5 A; 5 —10 A; 10 —20 A. Trecerea de la o gamă la alta se face prin înserierea unor rezistențe R_3, R_4 cu înfășurarea releului. Se pot conecta simultan două relee *RC* pentru a putea realiza o protecție cu două trepte de sensibilitate.

Pentru reglaje mai coborîte se folosește un releu polarizat *RFT*, alimentat prin intermediul transformatorului T_4 și al unei punți de redresare. Gama de lucru este de 1 —5 A și reglajul se realizează cu potențiometrul reglabil P_2.

În cazul cînd se dorește ca la curenții de valori mari în regim simetric (de pildă la pendulări) să se evite funcționarea acestei protecții, din cauza apariției unor posibile dezechilibre, de pildă din cauza neidentității transformatoarelor de curent), se prevede și circuitul de frînare. A doua înfășurare antagonistă a releului polarizat este alimentată de la curentul pe o fază prin intermediul transformatorului T_3 și al unei punți de redresare. Mărimea curentului de frînare se reglează cu ajutorul potențiometrului reglabil P_1. Scala potențiometrului P_1 este gradată la aceleași valori ca și scala potențiometrului P_2. În felul acesta, așezînd cele două potențiometre la aceeași valoare de scală, se obțin caracteristici de frînare cu aceeași pantă, indiferent de valoarea curentului de lucru. Scala potențiometrului P_2 este gradată în valoarea curentului de succesiune inversă I_2 la intrare, care provoacă funcțio-

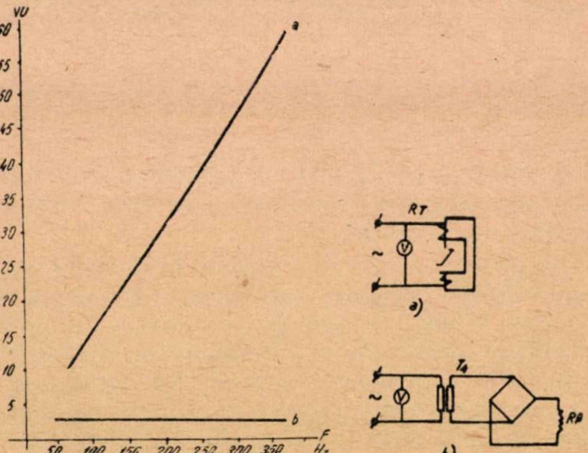


Fig. 6. Dependența de frecvență a tensiunii de lucru a unui releu electromagnetic și a unui releu polarizat, alimentat printr-o schemă de redresare.

narea releului pentru I frînare zero. Etalonarea scalei potențiometrului P_1 s-a făcut pentru o caracteristică de frînare de 20% (fig. 7). Evident, se pot obține și alte pante ale caracteristicii de frînare.

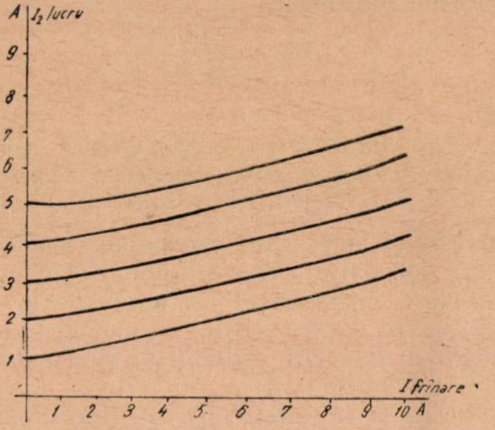


Fig. 7. Caracteristica de frînare a releului-filtru de curent.

2.2. Ca și la filtrul-releu de tensiune, există posibilitatea etalonării filtrului-releu de curent, folosind o sursă monofazată (fig. 9, *b* și *c*).

Astfel, folosind schema din figura 9, *b* se alimentează cîte o înfășurare a transformatoarelor T_1 și T_2. Curentul circulă prin cele două înfășurări în sens diferit. După cum rezultă din diagrama vectorială, tensiunea E la ieșire este

$$E = \frac{E_1}{\sqrt{3}} = \frac{KI}{\sqrt{3}}.$$

Comparînd cu valoarea $E = 3\,KI_2$, care se obține la alimentarea filtrului cu curent trifazat invers, rezultă că punctele de pe scală vor fi etalonate în valoarea curentului monofazat la care a lucrat releul, înmulțită cu factorul de corecție $\frac{1}{3\sqrt{3}}$.

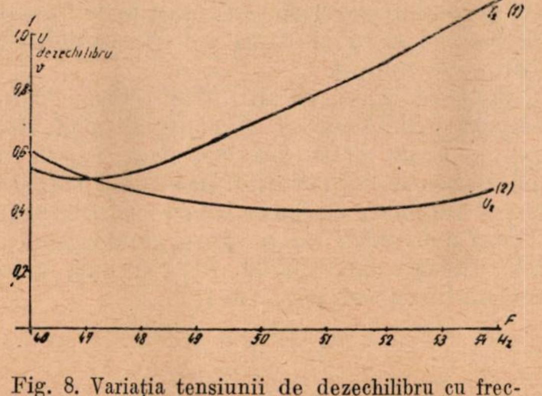


Fig. 8. Variația tensiunii de dezechilibru cu frecvența la releele-filtru de curent și tensiune.

Folosind schema din figura 9, *c*, se alimentează de asemenea cîte o înfășurare a transformatoarelor T_1 și T_2, dar de data aceasta curentul circulă prin cele două înfășurări în același sens. După cum rezultă din diagrama vectorială, tensiunea E la ieșire este

$$E = E_1 = KI.$$

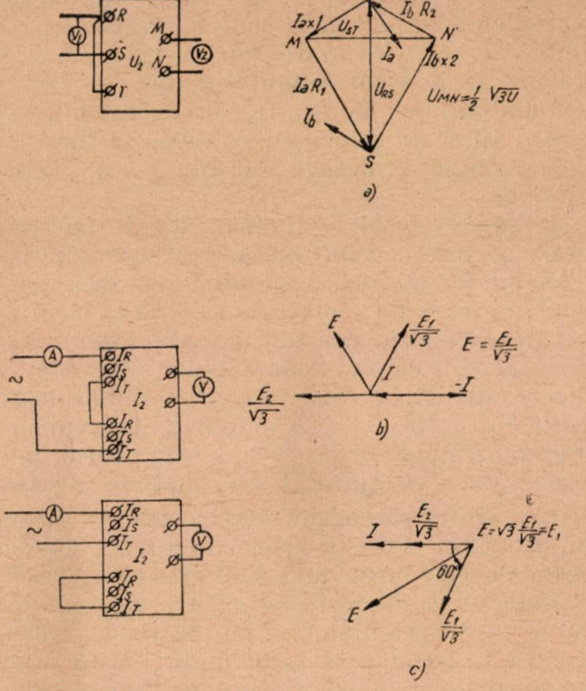


Fig. 9. Schemele și diagramele vectoriale pentru etalonarea releelor-filtru cu surse monofazice:
a – filtru-releu de tensiune; *b*, *c* – filtru-releu de curent.

Rezultă că punctele de pe scală vor fi etalonate în valoarea curentului monofazat la care a lucrat releul înmulțită cu factorul de corecție $\frac{1}{3}$.

2.3. Dat fiind că transformatorul T_4 nu-și modifică reactanța cu variația frecvenței (fig. 6, *b*) și deci releul polarizat *RP*, alimentat de la acest transformator printr-o punte de redresare, lucrează la o valoare constantă, înseamnă că releul este sensibil la armonicele superioare, care nu sînt blocate de filtru. De aceea, în cazul folosirii acestei protecții în rețelele care au armonice superioare în curba de curent, este necesar, un filtru de armonica a cincea (armonica a treia este filtrată de însăși alimentarea filtrului cu diferența curenților pe fază). Prototipul realizat nu conține acest filtru.

Curba de variație a tensiunii de dezechilibru cu variația frecvenței este dată în figura 8, *1*. Valoarea tensiunii de dezechilibru crește cu creșterea frecvenței, dar nu atinge valori periculoase pentru funcționarea releului, chiar cînd acesta este pe treapta cea mai sensibilă.

2.4. Consumul filtrului-releu este:

– pe faza A 1,55 VA
– pe faza S 4,55 VA } la un curent de 5 A
– pe faza T 2,60 VA

Locator de defecte în cabluri prin metoda impulsurilor*

Ing. Gh. Iliesi și tehn. T. Mateescu

Detectarea rapidă a defectelor în liniile aeriene sau în cablurile de toate tipurile este o problemă importantă pentru asigurarea continuității în alimentare cu energie electrică, precum și a tutor comunicațiilor.

Metodele de detectare a defectelor, atît pentru linii cît și pentru cabluri, se împart în două grupe: metode absolute și metode relative.

Metodele absolute indică locul defectului direct pe traseu și sînt metode de mare precizie.

Metodele relative determină distanța de la locul unde se face măsurarea pînă la locul defectului. Precizia acestor metode fiind relativ scăzută, din cauza unor factori obiectivi, se recomandă să fie folosite pentru determinarea zonei în care se află defectul, determinarea precisă urmînd să fie făcută — în cadrul zonei respective — cu ajutorul unei metode absolute.

Una dintre metodele relative este și metoda impulsurilor. Aceasta este o metodă modernă, care folosește principiul radiolocației. Practic, pe linie se trimit niște impulsuri electrice care se repetă periodic, numite impulsuri de sondaj; acestea se reflectă în locul unde există o neomogeneitate a constantelor electrice ale liniei, adică în locul unde s-a produs o modificare a impedanței caracteristice a acesteia, datorită unui defect. Măsurînd timpul în care impulsul parcurge distanța pînă la locul defectului și înapoi — viteza de propagare a semnalelor electrice pe linie fiind cunoscută — se poate afla distanța pînă la locul defectului, pe baza relației:

$$l = vt,$$

unde

l este distanța pînă la locul defectului;
v — viteza de propagare;
t — timpul în care impulsul parcurge distanța l.

În mod asemănător, dacă se cunoaște lungimea unei linii neavariate, se poate determina viteza de propagare, pe baza aceleiași relații. De asemenea, se poate determina lungimea unei derivații și punctele de neomogeneitate care produc reflexii pe întreg traseul liniei, se poate controla adaptarea liniilor, sau se poate măsura impedanța caracteristică a acestora.

Impedanța caracteristică are, în cazul metodei descrise, un rol hotărîtor, deoarece detectarea defectului se face prin detectarea modificării impedanței caracteristice a liniei într-un anumit punct. După cum se știe, în cazul unei linii omogene și ideale, impedanța caracteristică este determinată de constantele liniei, după cum urmează:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}},$$

unde

Z_0 este impedanța caracteristică a liniei;
L și C — inductanța, respectiv capacitatea distribuită a liniei (pe kilometru).

Defectarea unei linii presupune modificarea acestor constante într-un anumit punct, deci modificarea impedanței caracteristice în punctul respectiv. Aceasta duce în mod inevitabil la reflectarea, în locul defectului, a impulsurilor trimise de linie.

Reflectarea impulsurilor se face diferit, în funcție de natura defectului, datorită coeficientului de reflexie, a cărui expresie este:

$$p = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0},$$

unde

p este coeficientul de reflexie;
Z_0 — impedanța caracteristică a liniei;
Z — impedanța liniei în locul defectului.

Dacă pe linie s-a produs un scurtcircuit, adică $Z = 0$, se vede din relația de mai sus că p devine -1. Dacă, dimpotrivă, linia s-a întrerupt, adică $Z = \infty$, p devine $+1$. Așadar, coeficientul de reflexie ne dă o imagine completă asupra caracterului defectului. Dacă rezistența de defect este mai mare decît impedanța caracteristică a liniei, impulsul reflectat va avea același semn cu impulsul de sondaj, iar dacă această rezistență este mai mică impulsul reflectat va avea semnul invers semnului impulsului de sondaj.

Trebuie remarcat că impulsul reflectat ajunge în aparat după ce a parcurs drumul de la acesta pînă la locul defectului și înapoi, deci după străbaterea unei distanțe duble (corespunzătoare timpului de parcurgere a distanței pînă la locul defectului cu o viteză de două ori mai mică). Relația care ne dă distanța pînă la locul defectului în acest caz va fi:

$$l_x = t\frac{v}{2},$$

unde

l_x este distanța pînă la locul defectului;
t — timpul în care impulsul a parcurs distanța pînă la defect și înapoi;
v — viteza de propagare a impulsurilor în linie.

Aparatele cu care se execută măsurătorile cu impulsuri se numesc locatoare, reflectografe, ecometre etc. și pot fi adaptate atît pentru linii aeriene cît și pentru cabluri de toate tipurile. Ele sînt prevăzute cu un tub catodic, pe ecranul căruia — prin intermediul unor dispozitive marcate în timp — se citește distanța între impulsul de sondaj și impulsul reflectat, adică se determină timpul în care impulsul parcurge distanța pînă la defect și înapoi. Cunoscîndu-se viteza de propagare, se determină distanța pînă la locul defectului, direct în metri sau în kilometri, cu ajutorul relației amintite mai sus.

---

* Referat prezentat la cea de-a doua sesiune de comunicări tehnico-științifice a Intreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME).

Metoda este deosebit de avantajoasă în comparație cu alte metode, deoarece măsurarea se face fie la un capăt al liniei, fie într-un alt punct accesibil de pe traseu, fără a mai fi necesară nici o altă manevră. De asemenea, metoda poate fi aplicată majorității tipurilor de defecte și este cea mai rapidă și mai precisă din toate metodele relative cunoscute.

Realizări constructive

Locatorul de defecte în cabluri prin metoda impulsurilor, prezentat la cea de a II-a sesiune de comunicări științifice, din mai 1964, a Întreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice din București (IRME), a cărui schemă-bloc este arătată în figura 1, poate explora următoarele tipuri de cabluri:

- cabluri de energie de înaltă tensiune;
- cabluri de energie de joasă tensiune;
- cabluri telefonice de înaltă frecvență;
- cabluri coaxiale.

Aparatul poate fi conectat simetric sau asimetric funcție de necesitățile impuse de măsurare. Durata impulsului de sondaj poate fi de 0,1 μs sau 1 μs, funcție de natura și lungimea cablului explorat.

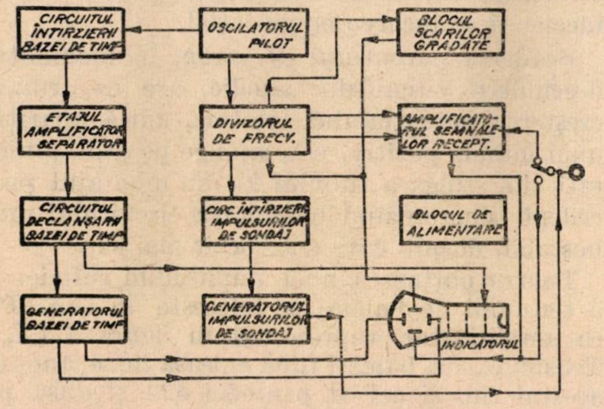

CIRCUITUL ÎNTÎRZIERII BAZEI DE TIMP
OSCILATORUL PILOT
BLOCUL SCĂRILOR GRADATE
ETAJUL AMPLIFICATOR SEPARATOR
DIVIZORUL DE FRECV.
AMPLIFICATORUL SEMNALELOR RECEPT.
CIRCUITUL DECLANȘĂRII BAZEI DE TIMP
CIRC. ÎNTÎRZIERII IMPULSURILOR DE SONDAJ
BLOCUL DE ALIMENTARE
GENERATORUL BAZEI DE TIMP
GENERATORUL IMPULSURILOR DE SONDAJ
INDICATORUL

Fig. 1.

Precizia cu care aparatul determină locul defectului în toate cazurile este mai bună de $\pm 1\%$.

Schema de principiu a *oscilatorului-pilot* este arătată în figura 2. După cum se vede, este un oscilator cu autoblocare, conținînd o jumătate de triodă 6N1P.

Reacția se produce prin intermediul unui transformator de impulsuri $Tr\ 1$, construit pe miez de Permaloy și introdus într-un balon din metal cu soclu, asemănător cu baloanele tuburilor electronice metalice.

Perioada de repetiție se poate aproxima cu ajutorul relației:

$$T = R_1 C_2 \ln \frac{U_{g\max}}{U_{gt}},$$

unde

$U_{g\max}$ este valoarea maximă a tensiunii de grilă la care se încarcă condensatorul C_2;

U_{gt} — valoarea tensiunii de blocare a tubului respectiv.

În montaj, perioada de repetiție a oscilatorului-pilot este de 630 μs.

Oscilatorul-pilot sincronizează funcționarea tuturor celorlalte subansambluri ale aparatului, fie direct, fie prin intermediul divizorului de frecvență, așa cum se poate vedea pe schema-bloc. Aceasta face ca instabilitatea sa (celelalte subansambluri nu au o funcționare independentă, fiind comandate) să nu afecteze practic funcționarea aparatului, deoarece variațiile respective mută pe ecranul tubului catodic imaginea în totalitatea ei, fără a se putea produce din această cauză vreo variație parazitară între impulsul de sondaj și cel reflectat.

Circuitul întîrzierii bazei de timp este de fapt un multivibrator monostabil, construit cu o dublă triodă 6N1P (fig. 3).

Inițial, jumătatea dreaptă a tubului conduce, iar jumătatea stîngă este blocată, datorită căderii de tensiune pe rezistența catodică. Impulsul negativ, obținut de la oscilatorul-pilot, se aplică pe anoda triodei din stînga tubului și, prin condensatorul de cuplaj C_2, pe grila triodei din dreapta, pe care o blochează. Impulsul dreptunghiular pozitiv, obținut în circuitul anodic al celei de-a doua triode, este derivat într-un circuit RC, obținîndu-se impulsuri ascuțite de două polarități, corespunzătoare celor

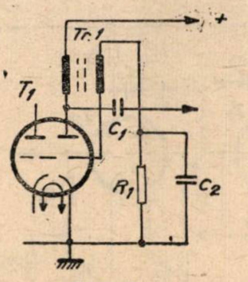


Fig. 2.

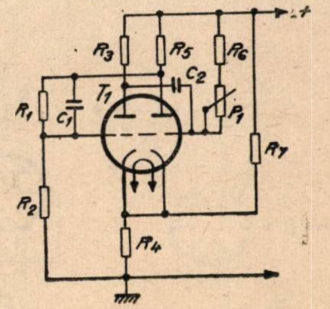


Fig. 3.

două fronturi ale impulsului derivat. În grila jumătății din dreapta a tubului este montat un potențiometru P_1 în valoare de 1 Mohm, prin variația căruia se modifică constanta de timp a montajului, schimbîndu-se durata impulsurilor dreptunghiulare anodice între 40 și 270 μs. Întrucît impulsul negativ corespunzător frontului posterior al acestor impulsuri este acela care comandă de fapt baza de timp, rezultă că întîrzierea maximă a bazei de timp este 230 μs.

Amplificatorul-separator, construit cu o jumătate de triodă 6N1P (T_1), este un amplificator obișnuit RC, cu catodul la masă (fig. 4).

Impulsurile negative obținute într-un circuit de derivare RC ajung pe grila tubului și îl blochează. În felul acesta, în anodul tubului, se obțin impulsuri amplificate pozitive, care comandă circuitul de declanșare a bazei de timp. Așadar montajul îndeplinește rolul de amplificator, inversor de fază și separator între circuitul monostabil și cel al declanșării bazei de timp.

Circuitul declanșării bazei de timp este de fapt un montaj de multivibrator monostabil, construit cu o dublă triodă (T_1) și o jumătate de altă dublă triodă (T_2) (fig. 5).

În situația inițială, T_1 conduce, iar jumătatea stîngă a tubului T_2 este blocată, datorită trecerii curentului anodic al tubului T_1 prin rezistența sa catodică P_1. Impulsurile pozitive care apar în anodul separatorului despre care s-a amintit mai sus ajung prin condensatorul de cuplaj la grila jumătății din dreapta a tubului T_2, anulează negativarea tubului și îl deblochează. Saltul negativ care se produce în anod ajunge prin condensatoarele de cuplaj C_3 și C_2 pe grilele tubului T_1, legate în paralel, și îl blochează. În anodul acestuia se produce o creștere bruscă de potențial, adică apare un impuls pozitiv de tensiune, care ajunge pe grila tubului catodic, producînd iluminarea acestuia și în același timp deblochează generatorul bazei de timp.

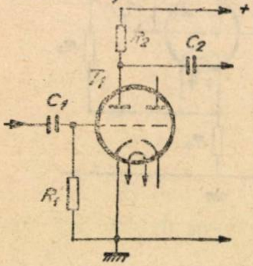


Fig. 4.

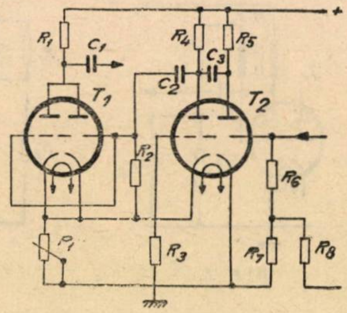


Fig. 5.

Generatorul bazei de timp, construit cu o pentodă 6J4 (T_1), lucrează în montaj fantastron (fig. 6).

Avînd pe grila supresoare o tensiune negativă mare, aplicată din exterior, circuitul anodic al tubului este întrerupt și întreg curentul catodic este preluat de către grila-ecran. Cînd impulsul de comandă cu polaritate pozitivă de la circuitul de declanșare apare pe grila supresoare, circuitul anodic se deschide, iar la anodul tubului se produce o scădere bruscă de potențial. Această scădere reprezintă, de fapt, tensiunea liniar descrescătoare, folosită pentru baleierea tubului catodic. Scăderea de potențial de pe anodul tubului se transmite și pe grila acestuia printr-un condensator C_2, producînd o scădere a curentului catodic și respectiv o scădere bruscă a curentului de ecran. Procesul durează atîta timp cît durează descărcarea condensatorului respectiv; de aceea, prin modificarea capacității cu ajutorul unui comutator, se modifică frontul tensiunii folosite pentru baleierea tubului catodic, modificîndu-se în felul acesta timpul de desfășurare a tensiunii de baleiaj între 8 și 80 μs.

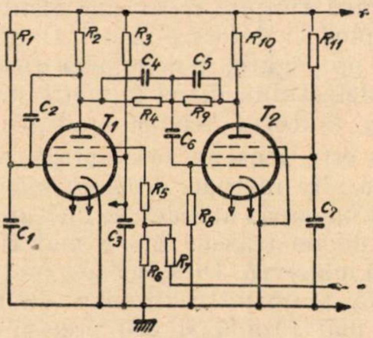


Fig. 6.

După revenirea montajului în poziția inițială, adică după blocarea curentului anodic, condensatorul dintre anodul și grila tubului începe să se încarce exponențial.

Scăderea curentului de ecran, în momentul deschiderii circuitului anodic, are ca urmare creșterea potențialului acestuia, adică apariția unui impuls pozitiv, care ajunge pe grila jumătății din stînga a tubului T_2 din montajul precedent, sincronizînd bascularea circuitului monostabil, despre care s-a vorbit mai sus.

Pentru obținerea unei amplitudini suficiente a tensiunii de baleiaj se folosește un tub 6P9 ca amplificator, reprezentat în figura 6 (T_2). Tensiunea de baleiaj fiind culeasă între anodul acestui tub și cel al pentodei 6J4 și dusă pe plăcile de deviație orizontală ale tubului catodic, se realizează o alimentare simetrică a plăcilor de deflecție.

Divizorul de frecvență, construit cu o dublă triodă T_1, este un circuit basculant bistabil comandat pe grile de către oscilatorul-pilot (fig. 7).

Divizorul de frecvență, prin intermediul repetorului catodic, construit cu o altă dublă triodă, T_2, conform figurii 7, comandă :

- blocul scărilor gradate ;
- generatorul impulsurilor de sondaj ;
- amplificatorul semnalelor recepționate.

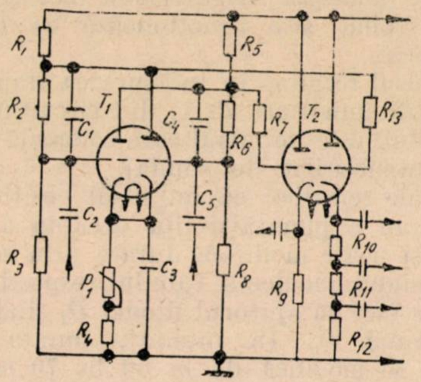


Fig. 7.

De asemenea, într-una din semiperioadele oscilatorului-pilot corespunzătoare basculării divizorului de frecvență, saltul de tensiune corespunzător basculării ajunge simultan cu impulsurile scărilor gradate pe plăcile de deviație verticală ale tubului catodic, deplasînd spotul luminos pe o distanță corespunzătoare amplitudinii saltului respectiv. În felul acesta aplicîndu-se principiul comutatorului electronic pe ecranul tubului catodic apar două spoturi.

Pe unul din spoturi apar, după cum s-a văzut, scările gradate, iar pe celălalt apare impulsul de sondaj și, respectiv, impulsul reflectat.

Trebuie remarcat că în semiperioada în care se formează impulsurile scărilor gradate, atît generatorul impulsurilor de sondaj cît și amplificatorul impulsurilor recepționate sînt blocate de către divizorul de frecvență. De asemenea, în timpul declanșării impulsului de sondaj, adică în cealaltă semiperioadă a oscilatorului-pilot, blocul scărilor gradate este întrerupt în același mod. Această măsură de precauție este luată în scopul eliminării unor influențe parazite între impulsurile scărilor gradate, pe de o parte, și impulsurile de sondaj și cele reflectate, pe de altă parte.

Blocul scărilor gradate. Scările gradate sînt folosite pentru citirea distanței pînă la locul defectului. Ele sînt formate dintr-un număr de impulsuri ascuțite, avînd între ele o distanță corespunzătoare unui timp de 2 μs. Pentru ușurarea citirii, peste fiecare al 5-lea impuls mic se suprapune un impuls mare, formîndu-se astfel o scară gradată obișnuită.

Impulsurile mici sînt formate cu ajutorul unui oscilator obișnuit în trei puncte, pe frecvența de 500 kHz, construit cu o dublă triodă 6N1P (T_1), așa cum se vede în figura 8. În stare inițială, jumătatea din stînga a tubului conduce, avînd grila de comandă conectată la plusul de alimentare, iar curentul anodic al tubului se închide la masă prin circuitul acordat al oscilatorului, care folosește jumătatea dreaptă a tubului. Acest curent produce o reacție negativă pe circuitul oscilant, anulează reacția dintre anodul și grila oscilatorului și blochează oscilațiile.

Cînd pe grila jumătății din stînga se aplică un impuls pozitiv, corespunzător basculării divizorului de frecvență, curentul anodic crește, mărind reacția negativă, și deci blochează și mai mult oscilatorul. În cealaltă semiperioadă, grila jumătății din stînga a tubului primește un impuls negativ, tubul se blochează, dispare reacția negativă și tubul oscilează. Semnalul sinusoidal este cules din circuitul anodic al jumătății din dreapta a tubului, este amplificat într-un etaj, care se vede, de asemenea, în figura 8 (T_2), apoi detectat, eliminîndu-se alternanțele negative. Alternanțele pozitive sînt conduse pe plăcile de deviație verticală ale tubului catodic, formînd scara gradată cu impulsuri mici.

Frecvența oscilatorului fiind de 500 kHz, perioada acestuia, sau distanța între două impulsuri de pe scara gradată, este de 2 μs. Admițînd că impulsurile se propagă pe un anumit tip de cablu cu viteza de 160 m/μs, rezultă că spațiul dintre două impulsuri corespunde unei distanțe de 160 m de cablu.

Tot de la ieșirea din amplificator, semnalul este condus la circuitul de formare a impulsurilor mari ale scării gradate, care este construit cu două tuburi : o dublă triodă (T_3) și o diodă (T_4) — ultimele două tuburi din figura 8.

Semnalul pătrunde pe grila jumătății din stînga a dublei triode și produce o variație de curent prin înfășurarea primară a unui transformator de impulsuri *Tr* 1, care se află în circuitul anodic al tubului. Jumătatea din dreapta a tubului respectiv reprezintă un oscilator cu autoblocare, care lucrează comandat,

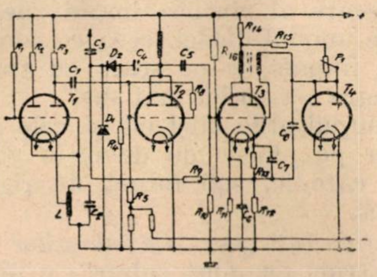


Fig. 8.

întrucît este blocat prin pozitivarea catodului. Montajul funcționează atunci cînd variația de curent din primarul transformatorului induce o tensiune în secundarul acestuia, astfel încît tensiunea care apare pe grila jumătății din dreapta a tubului să fie pozitivă, deblocînd oscilatorul. În această situație, pe anodul diodei apare un impuls negativ de tensiune, care blochează tubul și încarcă condensatorul C_8, montat în paralel cu dioda, cu o anumită cantitate de electricitate avînd minusul în spre anod. Cînd impulsul dispare, dioda conduce și condensatorul tinde să se descarce prin tub, fără să reușească însă decît în mică măsură, deoarece apare un alt impuls negativ, care blochează tubul și adaugă condensatorului o nouă cantitate de electricitate. Acest proces durează pînă cînd pe anodul diodei potențialele se echilibrează, adică potențialul negativ al armăturii condensatorului anulează plusul anodic. În această situație, pentru descărcarea condensatorului este folosită partea negativă a impulsului, de pe grila oscilatorului căruia îi corespunde un impuls pe anodul diodei. Acest impuls face ca tubul să se deblocheze, iar condensatorul se descarcă brusc, dînd naștere unui impuls pozitiv de amplitudine mare. Momentul descărcării se reglează cu ajutorul potențiometrului P_1. În montaj, descărcarea se produce după fiecare al cincilea impuls negativ, care apare pe anodul diodei, ceea ce corespunde cu al 5-lea impuls de pe scara cu gradații mici, despre care s-a vorbit mai sus.

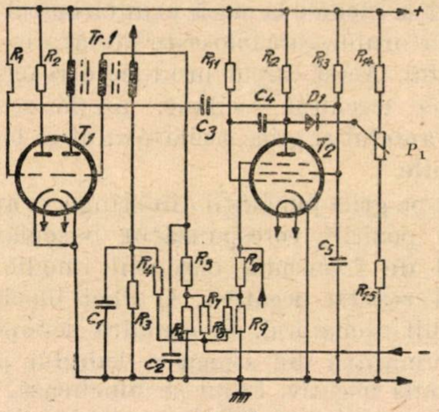


Fig. 9.

Atît impulsurile mici cît și cele mari ajung simultan pe plăcile de deviație verticală ale tubului catodic, sub formă de riglă gradată obișnuită.

Circuitul întîrzierii impulsurilor de sondaj ese construit cu două tuburi : o dublă triodă (T_1) și o pentodă (T_2) (fig. 9). El funcționează în modul următor :

În semiperioada în care blocul scărilor gradate nu funcționează, pentoda care lucrează în montaj fantastron similar cu fantastronul bazei de timp este deblocată pe supresor. Pe grila-ecran are un impuls dreptunghiular pozitiv, care este diferențiat într-un circuit RC. Impulsul negativ corespunzător frontului posterior al impulsului diferențiat blochează jumătatea din stînga a dublei triode. Pe anodul acesteia apare un salt pozitiv de tensiune, care este aplicat pe grila jumătății din dreapta a tubului, anulează negativarea fixă și deblochează tubul care funcționează ca oscilator autoblocat.

Impulsul rezultat în înfășurarea transformatorului de impulsuri *Tr* 1, din circuitul anodic al tubului, este impulsul care comandă generatorul impulsurilor de sondaj.

Trebuie remarcat că impulsul pozitiv de pe grila-ecran a jumătății din dreapta a triodei duble își poate modifica durata prin schimbarea tensiunii anodice a tubului respectiv. Acest lucru se face cu ajutorul diodei D_1 și al potențiometrului P_1. În montaj, durata acestui impuls se modifică de la 50 la 70 μs. Cum comanda tiratronului se face cu impulsul corespunzător frontului posterior al acestui impuls derivat, rezultă că impulsul de sondaj poate fi întîrziat cu 20 μs. Această întîrziere este folosită pentru fixarea impulsului de sondaj pe scara gradată într-un punct convenabil.

Generatorul impulsurilor de sondaj este construit pe un tiratron de tipul TGI — 0,1/1,3, reprezentat în figura 10. Pe grilă are o negativare fixă exterioară. În paralel, pe tiratron se conectează, cu ajutorul unui comutator, fie o capacitate C_1 pentru obținerea impulsului de 0,1 μs, fie o linie de formare realizată din inductanțele L_1 —L_5 și capacitățile C_2 —C_7 pentru obținerea impulsului de 1 μs.

Impulsurile de sondaj sînt luate de pe un potențiometru P_1 în valoare de 560 ohmi.

Potențiometrul servește pentru adaptarea aparatului la cablul conectat.

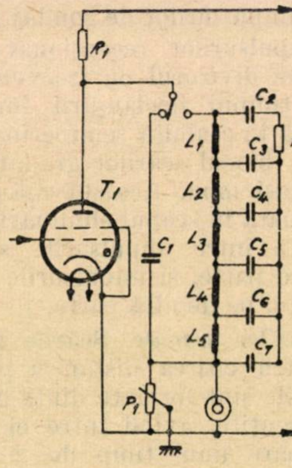


Fig. 10.

Ieșirea aparatului este în mod obișnuit asimetrică, însă în caz de nevoie se poate conecta în mufa de ieșire un transformator de simetrizare, care este fixat cu ajutorul unor coliere elastice, pe partea interioară a capacului de protecţie.

Amplificatorul semnalelor recepţionate este un amplificator de impulsuri cu patru etaje, repretentat în figura 11. Primele două etaje (T_1) şi (T_2) sînt etaje obişnuite RC, de bandă largă, cu sarcină mică şi cu filtre de decuplare atît în circuitul anodic cît şi în circuitul de ecran. Amplificarea pe fiecare etaj este cuprinsă între 3 şi 4.

La intrarea amplificatorului se găseşte un potenţiometru de volum P_1. Ultimele două etaje (T_3) şi (T_4) sînt montaje mai pretenţioase, cu inductanţe de corecţie (L_1) şi (L_2) în circuitul anodic, fapt care permite utilizarea unor sarcini mai mari, şi deci şi amplificarea acestora este cuprinsă între 5 şi 10.

Ieşirea amplificatorului este legată la plăcile de deviaţie verticală ale tubului catodic.

La intrarea amplificatorului se găseşte un comutator basculant K_1, care scurtcircuitează amplificatorul în caz de nevoie, iar impulsurile de sondaj, ca şi cele reflectate, ajung direct pe plăcile de deviaţie ale tubului catodic.

Indicatorul. Ca indicator se foloseşte un tub catodic de tip 8LO —29, cu diametrul de 80 mm, care lucrează cu o tensiune anodică maximă de 1,6 kV. În circuitul de grilă este prevăzut un potenţiometru cu ajutorul căruia se reglează luminozitatea spotului.

În circuitul anodului 1 se găseşte, de asemenea, un potenţiometru cu întreruptor, cu ajutorul căruia se face focalizarea spotului. Întreruptorul este folosit în circuitul de alimentare de la reţea.

Blocul de alimentare conţine un transformator de reţea cu două înfăşurări primare, care se pot lega prin intermediul caruselului, fie în serie pentru alimentare de la reţeaua de 220 V, fie în paralel pentru alimentare de la reţeaua de 110 V, şi cinci înfăşurări secundare. Pe prima înfăşurare se face o redresare dublă-alternanţă pentru tensiunile de alimentare ale tuburilor electronice de +300 V şi respectiv +270 V, o redresare mono-alternanţă pentru tensiunea de negativare a tuburilor electronice de —170 V şi o redresare cu multiplicare de tensiune cu diode semiconductoare pentru tensiunea de alimentare a tubului catodic de —1,6 kV.

Pe a doua înfăşurare se face o redresare mono-alternanţă pentru tensiunea de alimentare a tiratronului de +400 V.

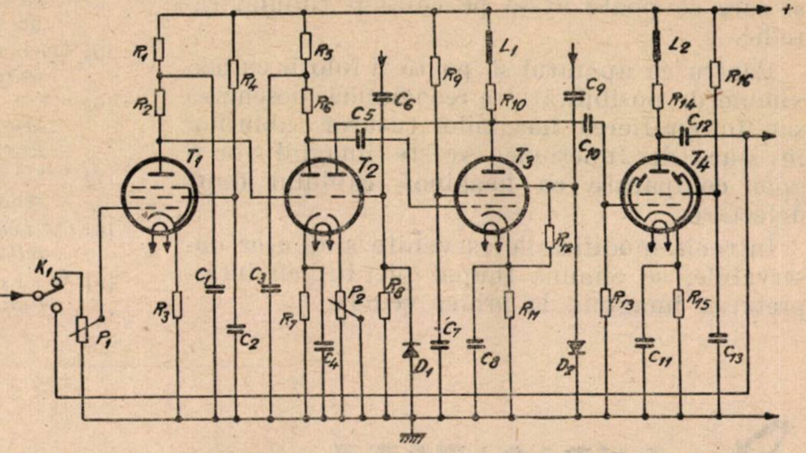


Fig. 11.

A treia înfăşurare este destinată pentru încălzirea filamentelor tuturor tuburilor electronice, ca şi pentru alimentarea unui bec de semnalizare.

A patra înfăşurare alimentează filamentele tuburilor redresoare, iar a cincea filamentul tubului catodic.

Rezultate experimentale

Aparatul a fost experimentat timp îndelungat pe reţeaua de cabluri din Bucureşti, unde a dat rezultate bune, dovedindu-se foarte util pentru echipele care se ocupă cu încercarea şi măsurarea cablurilor, atît de înaltă tensiune cît şi de joasă tensiune.

În unele cazuri, încercarea cu impulsuri cu aparatul descris mai sus s-a dovedit a fi singura metodă posibilă pentru detectarea defectului, sau cel puţin cea mai avantajoasă şi mai rapidă metodă din cîte sînt la dispoziţie pentru determinarea zonei în care se află defectul.

De asemenea, aparatul a fost încercat şi pe cabluri telefonice de I.F. din cadrul M.T.Tc.

Cu această ocazie s-a făcut o etalonare a aparatului pentru diferite tipuri de cabluri, după cum urmează :

Nr. crt.	Tipul cablului	Impedanţa caracteristică, ohmi	Tensiunea de lucru kV	Viteza de propagare a impulsurilor în cablul respectiv, m/μs	Lungimea care poate fi explorată cu aparatul	
					min., m	max., km
1	Cabluri de energie de I.T.	15—30	35	150	75	20
2	Idem	15—30	10	160	80	20
3	Idem	15—30	6	164	80	20
4	Cabluri de energie de J.T.	15—30	1	184	90	25
5	Cabluri telef. de I.F.	150	—	248	100	35
6	Cabluri coaxiale	75	—	230	100	30

Pentru a se ușura aprecierea distanței, atunci cind impulsul reflectat este aplatisat, aparatul este prevăzut cu o extensie a imaginii, care face ca distanța dintre două impulsuri de pe scara gradată să crească de la circa 2 mm la circa 30 mm. Tot în acest scop, aparatul este prevăzut cu o riglă din celuloid gradată în mm și care se poate atașa pe ecranul tubului catodic.

Pentru ca aparatul să poată fi folosit cu maximum de posibilități, se recomandă desenarea sau fotografierea imaginilor tuturor cablurilor în stare de funcțiune. Aceste imagini vor fi apoi comparate cu imaginea cablului după defectare.

Întrucît modificările survenite sînt ușor observabile, se elimină timpul pierdut cu interpretarea imaginii, la prima vedere.

Bibliografie

[1] Meerovici, L. A. și Zelicenko, L. G. *Tehnica impulsurilor*. Editura tehnică, 1958.

[2] Bonci — Bruevici, A. M. *Folosirea tuburilor electronice în fizica experimentală*. Editura tehnică, 1958.

[3] Puckle, O. B. *Baze de timp*. New York, 1951.

[4] Rvacev, V. P. *Găsirea locului de defect în cabluri cu aparatul cu impulsuri IKL-1*. Energ. biul. 1957, nr. 3, martie.

[5] Dementiev, V. S. *Cum se determină locul defectului în cablurile de forță*. Editura tehnică, 1961.

[6] * * * *Utilizarea tehnicii impulsurilor pentru localizarea defectelor în cabluri, din punctul de vedere al personalului de exploatare*. ETZ-A 77 (1956), nr. 6, martie.

[7] * * * *Aparat pentru căutarea defectelor în cabluri*. Electrotehnik, nr. 4, 1960.

[8] *** *Localizarea defectelor prin procedeul impulsurilor de reflexie*. Elektrizitätswirtschaft, nr. 5, 1961, martie.

[9] Waisman, L. *Sisteme noi de detectare a defectelor în linii, cabluri și transformatoare electrice*. I.D.T., 1960.

Din EXPLOATARE

Aspecte privind realizarea și exploatarea schemelor protecției maximale direcționale

Ing. **T. Satrapeli**

Necesitatea alimentării continue a consumatorilor și reducerea pierderilor în rețele, prin punerea în paralel a liniilor de transport, au impus pe scară tot mai largă folosirea protecției maximale direcționale. Realizarea practică a acestei protecții este relativ simplă, iar releele direcționale folosite prezintă siguranță în funcționare și au sensibilitate ridicată.

În cele ce urmează se analizează schema de 90° a protecției maximale direcționale, scoțîndu-se în evidență erorile ce ar putea apărea la realizarea schemei și dîndu-se unele indicații privind verificarea ei în timpul exploatării.

1. Schema bifazică

Realizarea protecției direcționale pe o linie racordată la un sistem de bare echipat cu celule de măsură se face ca în figura 1, folosind schema cu două relee direcționale.

1.1. Racordarea releelor la transformatoarele de curent. Schemele date în proiecte nu condiționează totdeauna modul de racordare a releelor direcționale în secundarul transformatorului de curent de poziția bornelor acestuia în circuitul primar.

În toate schemele desfășurate ale circuitelor de curent, pentru releele IMB—171/1, se indică invariabil că borna *L*.1 a transformatorului de curent se va racorda la borna *5* a releului.

Schema astfel realizată este corectă (releele privesc spre linie) numai atunci cînd transformatoarele de curent au borna *L*.1 racordată la circuitul primar, spre barele colectoare. În caz contrar (v. fig. 1), protecția poate funcționa chiar la curentul de sarcină, în funcție de reglajul releelor de pornire, cînd circulația de putere activă și reactivă este de la linie spre bare.

În figura 1 se indică legarea corectă a releelor, ținînd seamă și de poziția bornelor înfășurării primare a transformatorului de curent.

Neindicarea modului de racordare a transformatoarelor de curent în circuitul primar poate conduce de multe ori la realizarea unor scheme eronate. Totdeauna este necesar ca borna polarizată a bobinei de curent a releului direcțional să fie racordată la borna secundară a transformatorului de curent, a cărui bornă primară corespunzătoare este racordată în circuitul primar spre barele colectoare.

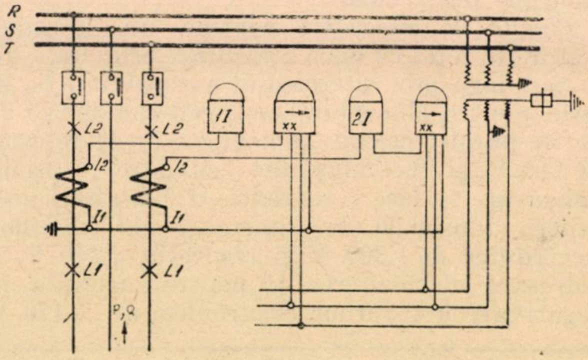


Fig. 1.

1.2. Alimentarea cu tensiune a releelor direcționale. La construirea unei stații de transformare, notarea celor trei faze cu RST se face arbitrar. În concordanță cu aceste notații se montează circuitele secundare de curent și se alimentează cu tensiune releele direcționale.

În general, racordarea stației la sistemul existent se face fără a ține seamă de aceste notații, fapt care conduce de multe ori la obținerea unei succesiuni inverse pentru sistemul trifazic RST. Aceasta produce erori în sistemul de măsură a energiei şi la alimentarea releelor direcţionale cu tensiune. Spre exemplu, să presupunem că s-a realizat schema protecţiei direcţionale corectă, însă avem succesiune inversă pentru sistemul trifazic RST. Releului de pe faza R i se aplică în acest caz vectorul curent I_R şi vectorul tensiune U_{ST}, avînd un unghi între ei φ_1 (fig. 2, *a*), şi nu φ_2, cum ar fi corect într-un sistem trifazic de succesiune directă (fig. 2, *b*).

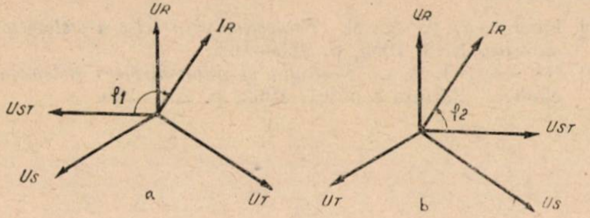


Fig. 2.

Rezultă că în cazul cînd pe barele unei staţii, cu notaţiile existente, există succesiune inversă, este necesar să se reconsidere notaţiile cel puţin pentru circuitele secundare ale protecţiei direcţionale, schimbînd notaţia fazelor extreme între ele (R cu T), pentru a putea obţine în acest fel alternanţă directă.

Alimentarea cu tensiune a releelor direcţionale se va face în funcţie de noile notaţii, ţinînd seamă de faptul că bobina de curent a releului montat pe fosta fază R este racordată, după noua situaţie, pe faza T, iar releul montat pe fosta fază T este racordat la faza R.

Nu totdeauna într-o staţie de transformare unde se realizează o protecţie direcţională există o celulă de măsură care să dea cele trei tensiuni de pe barele (35 kV) la care se montează protecţia. În astfel de situaţii, alimentarea releelor direcţionale se va face cu sistemul de tensiuni luat de la barele de pe partea secundară a transformatorului de putere (6 kV). Aici există totdeauna celulă de măsură pentru controlul izolaţiei şi măsura energiei furnizată consumatorilor. Cînd transformatoarele de putere nu produc rotirea vectorilor tensiunilor secundare faţă de cele primare (transformatoare cu conexiunea Y/Y—12), problema este simplă. În cazul unor transformatoare care produc rotirea vectorilor de tensiune, este necesară utilizarea unor transformatoare de mică putere (care alimentează bobinele de tensiune ale releelor direcţionale). Acestea au raportul de transformare 1/1 şi grupa de conexiuni în aşa fel aleasă, încît să aducă steaua tensiunilor din secundarul transformatorului rotitor în fază cu steaua tensiunilor din primarul transformatorului de putere (35 kV), unde se află racordată şi protecţia direcţională analizată.

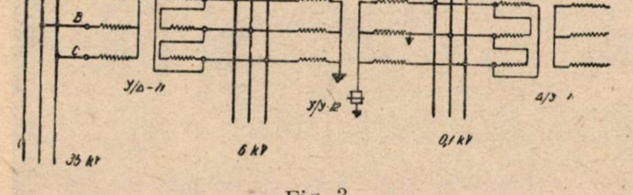


Fig. 3.

În figura 3 se dă schema de obţinere a celor trei tensiuni, pentru alimentarea releelor direcţionale, în cazul cînd transformatorul de putere are grupa de conexiuni Y/Δ—11.

2. Verificarea protecţiei în exploatare

2.1. Stabilirea zonei de acţionare a releelor direcţionale. Releele din import IMB—171/1 nemodificate au zona de acţionare conform datelor cunoscute din literatură [1], şi stabilirea ei din nou, pentru fiecare releu în parte, nu este absolut necesară.

În cazul unor relee direcţionale rebobinate, modificate sau de fabricaţie indigenă (din contoare monofazice) se impune stabilirea zonei de acţionare. În acest fel se poate preciza care sînt bornele polarizate ale celor două bobine, unghiul de decalaj dintre curentul şi tensiunea aplicate releului care dă cuplul maxim la închidere şi unghiul interior al releului.

Ridicarea diagramei se face alimentînd releul cu un curent constant de 4—5 A şi cu o tensiune variabilă ca unghi faţă de vectorul curent, obţinută prin intermediul unui decalor de fază. Variind unghiul tensiunii faţă de curent între 0 şi 360° se obţin două puncte de închidere — deschidere a contactului situate aproximativ pe acelaşi diametru, într-o reprezentare în coordonate polare. Acesta împarte planul în două zone, una de acţionare a releului, iar cealaltă de blocare. Perpendiculara dusă pe diametrul stabilit mai sus determină direcţia pentru care se obţine cuplul maxim la închidere sau deschidere, în funcţie de zona în care ne situăm.

2.2. În vederea calculării zonei moarte a protecţiei, se stabileşte prin releu un curent egal cu cel de scurtcircuit în secundarul transformatorului de curent şi vectorul tensiune faţă de cel de curent, în aşa fel încît să avem cuplul maxim la închidere. Se micşorează tensiunea pînă se deschide contactul releului, măsurîndu-i valoarea în acest moment. Prin ridicarea tensiunii de la zero se măsoară din nou valoarea la care releul îşi închide contactul.

Cu aceste date se poate stabili zona moartă a protecţiei. Pentru releele IMB—171/1 s-au obţinut următoarele valori: la 5 A prin releu, tensiunea de deschidere este de 1,5—1,6 V, iar la 10 A de 1—1,3 V.

2.3. O metodă simplă de verificare în exploatare a unei scheme de 90° rezultă din analiza diagramei vectoriale din figura 4.

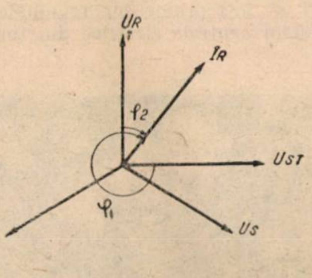


Fig. 4.

În această diagramă, I_R este curentul de pe faza R care trece prin releul direcţional cînd puterile activă şi reactivă circulă de la bare spre linie, U_{ST} este tensiunea care se aplică releului, iar U_R tensiunea fazei R.

Metoda constă în măsurarea unghiului φ_1 dintre curentul şi tensiunea aplicată releului şi a unghiului φ_2 dintre acelaşi curent şi tensiunea simplă a fazei pe care este montat releul direcţional.

Diferenţa dintre valorile pozitive ale celor două unghiuri este de 270° cînd puterile activă şi reactivă circulă de la bare spre linie şi 90° cînd puterile circulă de la linie spre bare pentru o schemă la 90° realizată corect.

În cazul cînd nu avem posibilitatea să luăm tensiunea pe fază, neavînd nulul accesibil, se poate realiza un nul artificial cu trei becuri de 100 W—220 V, legate în stea. Unghiul φ_2 se mai poate determina prin citirea directă a puterilor activă şi reactivă care circulă pe linia în cauză $\left(\varphi_2 = \text{arc tg}\dfrac{Q}{P}\right)$

Măsurarea unghiurilor de mai sus fiind necesară pentru verificarea calitativă a schemei, erorile de ±2° care apar nu au importanţă.

Cu ocazia verificărilor complexe care se fac înainte de punerea în funcţiune a protecţiei direcţionale, este necesar a se verifica şi grupa de conexiuni a celor trei transformatoare monofazice de tensiune din celula de măsură, întrucît pot fi legate în mod eronat în grupa Y_0/Y_0 — 6 în loc de Y_0/Y_0—12.

Considerăm că nu se pot trage concluzii definitive asupra schemei protecției direcționale, prin simpla constatare că releele direcționale au contactele deschise sau închise, în funcție de sensul de circulație a puterilor activă și reactivă, cum se întîmplă de multe ori în exploatare.

Concluzii

Din sumara analiză a protecției direcționale maximale se desprind cîteva concluzii:

În schemele protecției direcționale este necesar ca proiectanții să figureze și poziția bornelor primare ale transformatoarelor de curent în raport cu sistemul de bare colectoare, funcție de care să se realizeze și schema de măsură a energiei active și reactive.

Racordarea unei stații noi la un sistem electric să se facă ținînd seamă ca cele trei faze ale sistemului RST să fie racordate la fazele RST ale stației.

Se poate obține o funcționare corectă a protecției direcționale numai dacă se va urmări ca de la începutul realizării schemei să se facă o verificare completă atît cu linia scoasă de sub tensiune cît și cu linia în funcțiune.

Bibliografie

[1] Fedoseev, A. M. *Protecția prin relee a sistemelor electrice.* EES, 1955, p. 125—162.

[2] Badea, I. ș. a. *Protecția și automatizarea sistemelor electrice.* Editura tehnică, 1963, p. 231—239.

Cronică

A doua sesiune tehnico-științifică a Întreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME)

— mai 1964 —

În zilele de 22 și 23 mai a.c. s-au desfășurat în București, în sala CNIT, lucrările celei de-a doua sesiuni tehnico-științifice organizată de IRME. La lucrările sesiunii au participat cadre de conducere din M.M.E.E., academicieni, cadre didactice din învățămîntul tehnic superior, delegați ai institutelor de cercetări și proiectări de specialitate, directori și ingineri-șefi ai întreprinderilor regionale de electricitate și ai principalelor centrale electrice din țară, numeroși specialiști.

Cuvîntul de deschidere a fost rostit de ing. Adrian Georgescu, secretar general al M.M.E.E., care, după ce a salutat în numele conducerii ministerului lucrările sesiunii a făcut un scurt bilanț al realizărilor IRME pe anul 1963, reliefînd aportul întreprinderii la introducerea tehnicii noi în sectorul energetic.

În încheiere, ing. Adrian Georgescu a subliniat marile sarcini ce revin IRME în legătură cu noile unități energetice importante în construcție în momentul de față

A II-A SESIUNE DE COMUNICARI
TEHNICO-STIINTIFICE 1964
IRME

Aspecte de la cea de-a doua sesiune tehnico-științifică a IRME.

în țara noastră, cît și pentru exploatarea la un nivel tehnic tot mai înalt a unităților energetice existente, urînd și pe viitor colectivului de muncă al IRME noi succese în ridicarea nivelului tehnic al exploatărilor energetice.

Lucrările sesiunii au fost salutate apoi de prof. ing. I. D. Stăncescu – director adjunct în Direcția electrificării din M.M.E.E., – și de conf. ing. C. Mihăileanu — director general al D.E.E. – M.M.E.E. — care au arătat rolul și importanța IRME în sectorul energetic.

În continuare, lucrările sesiunii au fost salutate de: acad. dr. ing. A. Avramescu, în numele secției a III-a de științe tehnice a Academiei R.P.R., ing. V. I. Nitu – director al ISPE, conf. G. Drăgan, decan al Facultății de energetică, în numele Institutului politehnic-București, și de ing. N. Spînu, din partea Comitetului raional P.M.R. Tudor Vladimirescu.

Ing. Em. Simian a prezentat apoi referatul general asupra activității IRME între prima și cea de-a doua sesiune de comunicări tehnico-științifice, după care au început lucrările pe secții.

Au fost prezentate la sesiune un număr de 38 de comunicări, care au oglindit cele mai importante realizări tehnico-științifice ale lucrătorilor din IRME și care, datorită specificului lor variat, s-au desfășurat în patru secții de specialitate:

A. Secția *Echipament electric în centrale, stații și rețele.*
B. Secția *Automatizări, telemecanică, protecție prin relee.*
C. Secția *Termoenergetică și hidroenergetică*
D. Secția *Regimuri de funcționare a sistemelor energetice.*

Un număr de 14 comunicări cu o valoare tehnico-științifică deosebită au fost premiate.

Numărul mare de luări de cuvînt pe marginea referatelor, dezbaterile vii și interesante au contribuit într-o măsură importantă la clarificarea unor probleme actuale pentru sectorul energetic și au prilejuit un adevărat schimb de experiență.

În continuare se dă lista referatelor prezentate la cea de-a doua sesiune tehnico-științifică a IRME.

Lista lucrărilor prezentate la sesiune

A. Secția echipament electric în centrale, stații și rețele

A. 1. Ing. Pomîrleanu J. și ing. Mumjinschi E. *Probe efectuate asupra liniei de 400 kV Luduș-Lemeșany în vederea interconectării sistemului energetic al R.P.R. cu sistemul energetc al R. S. Cehoslovace.*

A. 2. Ing. Radu N. *Introducerea reglajului automat la rezonanță al compensării curentului capacitiv în rețele de medie tensiune.*

A. 3. Ing. Ionescu A., ing. Popa B., ing. Cigusievici M., ing. Mangu G., ing. Tendler M. și ing. Bratu A. *Rezultate experimentale obținute la efectuarea probelor în sistem cu echipament de înaltă tensiune.*

A. 4. Ing. Ionescu A., ing. Cigusievici M. și ing. Georgescu C. *Cercetări privind posibilitatea de supraîncărcare a generatoarelor sincrone.*

A. 5. Ing. Criscior C. *Rezultatele experimentale privind măsurarea curentului de trăsnet cu ajutorul sondelor feromagnetice.*

A. 6. Ing. Săndulescu L. *Analiza eficacității schemelor de protecție a stațiilor de 6—110 kV împotriva supratensiunilor atmosferice.*

A. 7. Ing. Mihai I. *Instalație de impuls mobilă pentru verificarea în exploatare a DRV.*

A. 8. Ing. Drăghicescu C. și ing. Malcoci V. *Cercetări privind utilizarea defectoscopului de radiofrecvență pentru detectarea defectelor în izolația liniilor electrice aeriene.*

A. 9. Ing. Iliese Gh. *Locator de defecte prin impulsuri pentru cabluri.*

A. 10. Ing. Iliese Gh. *Receptor tranzistorizat pentru determinarea defectelor în cabluri prin metoda inducției.*

A. 11. Ing. Malcoci V. și ing. Bercu L. *Aparat pentru măsurat prize de pămînt.*

B. Secția automatizări, telemecanică, protecție prin relee

B. 1. Ing. Zimand R. *Filtru-releu de componente simetrice inverse pentru sensibilizarea sistemelor actuale de protecție prin relee și pentru blocarea la pendulații a protecțiilor de distanță.*

B. 2. Ing. Badea I. și ing. Zimand R. *Propuneri de îmbunătățire a proiectării comutației secundare din stații și centrale electrice.*

B. 3. Ing. Radian V. *Perspectivele telemecanizării stațiilor din R.P.R.*

B. 3. Ing. Vaisman L., ing. Colin I., ing. Sasu I. și ing. Stoica M. *Echipament de telemecanică cu elemente fără contacte pentru instalațiile energetice, tip Telestat.*

B. 5. Conf. ing. Mihăileanu C., ing. Leonida D., ing. Iancu A., ing. Ionescu Vl., ing. Varady Gh. și ing. Mîndru R. *Instalație pentru reglajul automat al puterii unui hidrocentru.*

B. 6. Ing. Cserveny I. și ing. Weiss A. *Aparat pentru formarea binomului de reglaj frecvență-putere pentru conducerea sistemelor energetice interconectate.*

B. 7. Ing. Cserveny I., ing. Iancu A., ing. Ionescu Vl., ing. Leonida D., ing. Mîndru R. și ing. Varady Gh. *Grup automatizat de frecvență și tensiune variabilă de tip Ward-Leonard, pentru etalonări și reglaje la încercări de aparate.*

C. Secția termoenergetică și hidroenergetică

C. 1. Ing. Golici D. *Unele rezultate privind funcționarea turnurilor de răcire cu tiraj forțat în condițiile R.P.R.*

C. 2. Ing. Popescu R., ing. Berbece C. și ing. Popovici S. *Rezultate privind punerea la punct și automatizarea cazanului TGM-84 pentru funcționarea pe gaze.*

C. 3. Ing. Chercea Gh. *Consecințele cunoașterii imperfecte a transmisiei căldurii în camerele de ardere ale cazanelor care funcționează pe gaz metan și posibilitatea înlăturării lor.*

C. 4. Ing. Pavnotescu O. *Cercetarea procesului de ardere la cazanele de abur folosind metoda de analiză cromatografică.*

C. 5. Ing. Fodoreanu I. și ing. Neuberger G. *Unele rezultate privind spălarea acidă a cazanelor.*

C. 6. Ing. Cerchizan V. *Unele rezultate privind suflarea cazanelor cu abur înainte de punerea în funcțiune.*

C. 7. Ing. Cosma Gh., ing. Verone P. și ing. Lovin I. *Studiul raționalizării exploatării UHE Dobrești.*

C. 8. Ing. Cosma Gh., ing. Ciobanu S., ing. Cîrsteanu Tr. și tehn. Pop Z. *Determinarea cantității de apă depozitată în zăpezi în bazinul Bistrița, ca element al prognozei hidroenergetice.*

C. 9. Ing. Ciobanu S., ing. Lovin I. și tehn. Pop T. *Metodă de stabilire a bilanțului circuitului hidrotehnic al apei de răcire în centrale termoelectrice.*

C. 10. Ing. Cosma Gh. și ing. Cîrsteanu T. *Metodica și aparatura folosite de IRME pentru măsurătorile de randament la grupurile hidrogeneratoare din centralele hidroelectrice.*

C. 11. Ing. Cosma Gh., ing. Slăvescu M. și tehn. Stoenescu S. *Cercetări asupra posibilităților de îmbunătățire a randamentului ventilatoarelor centrifuge de mare putere.*

C. 12. Ing. Slăvescu M. și tehn. Stoenescu S. *Mărirea randamentului ventilatoarelor din centrale termoelectrice, prin aplicarea unei metode noi de determinare a raportului optim d_1/d_2 la rotoarele ventilatoarelor.*

C. 13. Tehn. Stoenescu S. și ing. Slăvescu M. *Metodă pentru măsurătorile de randament ale ventilatoarelor în centrale termoelectrice.*

D. Secția regimuri de funcționare a sistemelor energetice

D. 1. Ing. Manea Fl., ing. Zaharia I. și tehn. Vătămanu Gh. *Noi posibilități de folosire a mesei de calcul de curent continuu tip IRME în probleme ale sistemului energetic.*

D. 2. Ing. Davidovici M., ing. Iancu A., ing. Ionescu Tr. şi ing. Weiss A. *Construcţia unui calculator electronic analogic pentru rezolvarea unor probleme ale sistemului energetic.*

D. 3. Ing. Negoiţă M. şi ing. Zaharia I. *Posibilităţi de folosire a calculatoarelor CIFA în studiul stabilităţii dinamice a sistemelor energetice complexe.*

D. 4. Ing. Ionescu S., ing. Manea Fl. şi Agalidi E. *Îmbunătăţirea programelor de calcul al tensiunilor nodale şi circulaţiilor de putere în sistemele energetice la calculatoarele cifrice tip CIFA.*

D. 5. Ing. Ionescu S., ing. Martac D. şi Agalidi E. *Programe-tip de repartiţie optimă a puterilor centralelor din sistemul energetic R.P.R . cu ajutorul calculatoarelor CIFA.*

D. 6. Ing. Popescu, D., ing. Martac D. şi Moisescu S. *Precizia necesară prelucrării caracteristicilor de consum ale centralelor la calculul pe maşini cifrice al repartiţiei optime a puterilor.*

D. 7. Ing. Manea Fl., ing. Ionescu S. şi ing. Popescu D. *Influenţa diverselor moduri de considerare a pierderilor din reţele asupra repartiţiei optime a puterilor între centrale.*

*

În numărul de faţă al revistei ,,Energetica", precum şi în cele care vor urma, se publică unele referate prezentate la această sesiune.

DOCUMENTARE

Termoenergetică

Matthaei, S. A. **Verificarea în practică a unei hale pentru dezgheţarea vagoanelor de cărbune.** Energie, 1963, nr. 6, p. 211—213.

La încărcarea în vagoane, cărbunele venit din mină sau de la preparare mai posedă şi la temperaturi exterioare scăzute o anumită cantitate de căldură sensibilă. În schimb, pereţii şi fundurile vagoanelor pot avea temperaturi destul de coborîte, şi chiar la distanţe scurte de transport pînă la centrală se pune problema dezgheţării vagoanelor.

Într-o centrală în apropiere de mină, la care nu s-a prevăzut un depozit propriu-zis de cărbune, au fost construite nouă buncăre circulare înalte din beton armat, cu o capacitate de cîte 600 t fiecare.

Instalaţia de dezgheţare a fost prevăzută încă de la începutul proiectului. Linia ferată de manevră, amplasată în lungul buncărelor, a fost închisă într-o construcţie uşoară, lungă de 115 m. Iniţial s-au montat în această construcţie aeroterme încălzite cu abur de 13 ata, prin care se asigura şi încălzirea părţii inferioare a buncărelor propriu-zise, cu dispozitivele lor de evacuare a cărbunilor. Însă timpul necesar dezgheţării propriu-zise a vagoanelor era mult mai lung decît putea fi pus la dispoziţie. Unele vagoane necesitau mai multe zile pentru a se dezgheţa. În aceste condiţii s-a înmulţit numărul aerotermelor şi dispoziţia lor a fost astfel încît aerul cald să atingă direct partea de jos a vagoanelor. Prin aceasta durata de dezgheţ a fost redusă la 4—5 ore, iar dacă şi în interiorul încărcăturii cărbunele este îngheţat, 12 ore. S-a constatat că, pe lîngă o temperatură ridicată a aerului, este necesară şi o viteză cît mai mare de circulaţie a aerului. Aerul cald nemişcat are un efect foarte redus.

a. m.

Richmond, O. **Determinarea formei buncărelor pentru cădere prin gravitaţie.** Energie, 1963, nr. 6, p. 214—216.

Forma buncărelor are o importanţă deosebită, fiind necesar să fie asigurată o scurgere continuă şi evitarea oricărui fenomen de boltire şi împiedicare a deplasării cărbunilor.

Ca cel mai bun profil de buncăr poate fi caracterizat acela care asigură scurgerea prin gravitaţie a materialului granulat, la cea mai mică distanţă între deschiderea de intrare şi deschiderea de ieşire, care este mai mică decît prima.

Este posibil ca, pe baza acestei definiţii şi a temei materialelor granulate solide, să se determine o formulă a profilului, ţinînd seamă de proprietăţile materialului granulat şi de proprietăţile de contact între material şi perete.

Se obţine relaţia:

$$r = r_0 \left(r_0 - \frac{2B}{A} \right) \left(e^{\frac{Az}{z}} - 1 \right),$$

în care

$$A = \frac{\gamma (1 - \sin \eta)}{2\, c \cos \eta}; \quad B = \frac{A c_w}{\gamma} + \operatorname{tg} \eta_w;$$

r este raza buncărului cu profil simetric axial; r este r_0 la $z = 0$;
z — dimensiunea verticală a buncărului;
γ — densitatea materialului granulat;
η — factorul de frecare internă a materialului;
c — factorul de coeziune a materialului;
η_w, c_w — factorii respectivi la limita cu peretele.

S-au făcut încercări experimentale cu argilă refractară granulată, cu o umiditate de 10%, $c = 76$ kg/m², $\eta = 45°$, $\gamma = 1{,}67$ kg/dm³. Pentru perete (din sticlă) s-a admis $\eta_w = 0$, $c_w = 0$.

Rezultatele experimentale au confirmat formula stabilită. Cele mai bune condiţii de curgere se obţin cu un profil concav, după o curbă exponenţială.

a. m.

* * * **Îmbunătăţirea randamentului prin funcţionare cu presiune alunecătoare.** Energie, nr. 9, 1963, p. 391.

Multe centrale din S.U.A. lucrează noaptea sau la sfîrşitul săptămînii cu sarcină redusă. O centrală echipată cu şase blocuri moderne cu supraîncălzire intermediară funcţionează circa 30% din timp sau mai puţin cu jumătate din sarcină. S-au făcut de aceea încercări pentru a obţine date mai exacte asupra influenţei introducerii funcţionării cu presiune alunecătoare (scăderea presiunii cu 1/2 pînă la 1/3) asupra randamentului termic la sarcini parţiale, care a putut fi mărit într-o centrală cu 5%, la 25% sarcină. Aceasta se obţine prin randamentul îmbunătăţit al turbinelor şi cazanelor datorită creşterii temperaturii aburului şi prin reducerea puterii consumate de pompele de alimentare, dacă acestea pot fi antrenate ca să dea presiune variabilă.

Este greu de prevăzut cît de mare este cîştigul, care trebuie în orice caz stabilit prin încercări. Pentru a atinge cel mai mare randament la funcţionarea cu presiune alunecătoare, turbina trebuie să lucreze astfel încît să apară cît mai puţin pierderi suplimentare, în timp ce cazanul produce abur de cea mai înaltă temperatură admisibilă şi pompele consumă cea mai redusă putere.

Pentru un bloc cu presiunea de 126 at ar trebui să se înceapă funcţionarea cu presiune alunecătoare de la 60% din sarcina nominală la presiunea de 169 at la 70% din sarcină, şi la presiunea supracritică de 250 at la 80% din sarcină.

a.m.

* * * **Primul mare grup complet automatizat a fost dat în funcțiune.** Energie, nr. 10, 1963, p. 411.

A fost dată în funcțiune prima instalație de automatizare totală pentru un grup turbogenerator de mare putere, cu supraîncălzire intermediară. Este vorba de un grup de 160 MW, care poate fi pornit, încălzit, sincronizat și încărcat automat; de asemenea poate fi oprit automat.

Instalația de automatizare este neîntreruptă în funcțiune. La avarii, ea trebuie să efectueze comenzile necesare pentru înlăturarea defecțiunilor, pe baza sesizării corecte a situației momentane. Încălzirea, pornirea și încărcarea turbinei au loc în funcție de solicitarea termică a turbinei, deci nu după un program rigid.

Această metodă de conducere a operației de pornire s-a încercat la unitatea amintită pentru prima oară în lume. Prin aceasta se realizează cel mai scurt timp posibil de pornire, într-un fel care cruță turbina. Comanda electronică a fost concepută și pusă în funcțiune în 18 luni, printr-o colaborare strînsă între inginerii de exploatare și de proiectare.

a. m.

* * * **Centrala Keystone va fi echipată cu unități de mare putere.** Combustion, 1963, nr. 4, pag. 40.

În centrala Keystone, situată în regiunile miniere din Pensilvania, vor fi instalate două blocuri cazan-turbină cu o putere de 900 000 kW fiecare.

Fiecare cazan va avea dimensiunile unei clădiri de 20 etaje, avînd circa 67 m înălțime, 38 m lățime și 40 m lungime. Cazanele vor avea cîte un singur focar, fiind astfel cele mai mari unități de acest tip construite vreodată. Ele vor consuma 15 000 t cărbune pe zi. Construcția centralei începe în 1964, unitățile urmînd a intra în funcțiune în 1967 și 1968. Centrala va fi legată de sistemele energetice din estul S.U.A. prin trei linii de 500 kV.

a. m.

Blair, J. S. **Proiectarea conductelor pentru abur de înaltă temperatură.** Combustion, 1963, nr. 4, p. 45—49.

În calculele conductelor se încearcă uniformizarea formulelor și rezistențelor pentru dimensionarea conductelor de abur în condițiile fluajului, care să dea o determinare mai corectă a grosimilor conductelor decît se obține cu formulele folosite în mod curent. Este deci necesar să se găsească formula care dă relația corectă între solicitări și presiuni, și apoi să se utilizeze solicitări care să fie într-o relație cît mai justă cu proprietățile materialului ce trebuie folosit.

Se pare că formule prea complicate nu dau valori mai exacte decît cele trei formule simplificatoare, de mai largă utilizare:

— formula cilindrului cu pereți subțiri

$$\sigma = \frac{pd_i}{2s}$$

— formula diametrului exterior

$$\sigma = \frac{pd_e}{2s}$$

— formula diametrului mediu

$$\sigma = \frac{p\,(d_e - s)}{2s}$$

în care

σ este solicitarea; p — presiunea; s — grosimea peretelui țevii; $d_{i,e}$ — diametrul interior, respectiv exterior.

În timp ce valorile obținute cu cele trei formule de mai sus diferă foarte puțin pentru rapoarte $\frac{s}{d_e}$ mici, ele devin din ce în ce mai diferite cînd raportul $\frac{s}{d_e}$ crește.

S-a căutat ca, pe baza unor încercări de spargere prin fluaj, să se determine care dintre cele trei formule simple ar prezice mai exact condițiile de spargere, cînd solicitarea folosită în această formulă este solicitarea care produce rupere la întindere în același timp ca pentru spargere. Nu s-a luat în considerare rezistența la fluaj, ci numai condițiile de rupere prin fluaj.

Încercările efectuate, care cuprind încercări cu o durată pînă la 50 000 h, arată că formula diametrului mediu este cea mai bună pentru a prezice presiunea de spargere. Cu alte cuvinte, dacă solicitarea produce ruperea unei epruvete supuse la întindere în 100 000 h, atunci grosimea unei epruvete tubulare care să se spargă după aceeași perioadă poate fi calculată folosind formula diametrului mediu.

În ceea ce privește solicitările admisibile în condițiile de fluaj, coeficientul de siguranță capătă o altă semnificație ca în cazul dimensionărilor pieselor lucrînd la rece. El este dependent de timp. O conductă care poate rezista 30 de ani, dar este prevăzută pentru o durată de funcționare de numai 10 ani, poate fi considerată a avea un coeficient de siguranță „de durată" de 3. O comparare a solicitărilor în cele două condiții ar da un factor de siguranță „de solicitare" foarte redus, poate de numai 1,3 la 1.

Problema cea mai grea, pentru care se pare că nu ar exista soluție, este hotărîrea asupra fracțiunii din solicitarea la rupere la 100 000 h, care trebuie luată ca rezistență admisibilă, pentru instalații de la care se așteaptă o durată de viață de 20 sau 30 ani. Mai mult decît atîta, solicitarea la rupere la 100 000 h însăși rezultă de obicei prin extrapolare, pe bază de încercări cu o durată mult mai scurtă. Specificații moderne folosesc valori de 5/8, 2/3, 75%, 60% din solicitarea la rupere la 100 000 h și astfel de diferențe influențează în mod apreciabil grosimea conductei. Apare absolut necesar să se determine corect acest factor, Altfel, exactitatea obținută în privința comportării materialului este anulată, luînd de exemplu 62,5% în loc de 75%.

a. m.

Sack, M. **Centrala nouă termoelectrică Westfalia.** B.W.K. 16 (1964), nr. 5, p. 219—227.

Prima etapă a CTE Westfalia (cu putere finală de 1 500 MW) constă din două blocuri de cîte 176 MW cu parametrii aburului la intrare în turbină 200 at, 550/540 °C. Datele de bază la proiectarea centralei au fost:

1. Cazane cu trecere directă Benson, funcționînd cu parametri alunecători.
2. Pompa principală de alimentare acționată de turbina cu condensator propriu și alimentată cu abur prelevat de la turbina principală.
3. La sarcina plină: temperatura gazelor de ardere 120°C, iar cea a apei de alimentare circa 300°C.
4. Camera de comandă centrală cu automatica cea mai nouă pentru pornire, oprire și conducerea în regim de avarii.
5. Folosirea de oțel austenitic numai la secțiunea de ieșire a supraîncălzitorului.
6. Căderea de temperatură între cazan și turbină 5°C, iar cea de presiune 5% la abur proaspăt și 2% la abur intermediar.
7. Combustibil: cărbune sau cărbune și păcură în raportul 1 : 1.
8. Randamentul de calcul 40,7%, iar sarcina minimă 25%.

Proiectele principale fiind predate în iunie 1960, darea în exploatare industrială a grupului 1 a avut loc în toamna anului 1963, iar a grupului 2 în ianuarie 1964. Grupurile dispuse longitudinal în sala mașinilor au fost montate cu două poduri rulante de cîte 100 t.

Instalația de pregătire a cărbunelui, buncărele, rezervoarele de apă și degazoarele sînt dispuse între cele două cazane.

Cazanele de 530 t/h, 230 at, 555/545°C au camera de ardere dublă cu ecran median, sînt echipate cu două etaje de antefocare avînd fiecare cîte patru arzătoare turbionare, ceea ce permite reglarea procesului de ardere în limite largi; zgura este evacuată în stare lichidă.

Turbina nu are ventile de reglare, ci numai de laminare; cilindrul interior al corpului de I. P. nu are flanșă de separație, cele două jumătăți fiind strînse prin cinci inele. Termocuplele de control al temperaturilor corpurilor de I. P. și J. P. dau și impulsurile pentru pornirea automată. Cele două condensatoare ale turbinei sînt legate în serie pe partea apei de răcire. Pentru reducerea inerției de reglare la variația sarcinii, se admite pentru fracțiuni de secundă variația cu ±100% a debitului de abur în prize.

Pompa principală de alimentare este acționată de o turbină cu condensație de 6470 kW 9,2 ata, 336°C; ca rezervă sînt instalate două electropompe cu debit de 50% fiecare. Toate trei pompele sînt alimentate cu apă la 176°C și sînt precedate de pompe-buster.

Pornirea și oprirea turbinei se fac automat, cu excepția operațiilor brute de pregătire a pornirii.

Probele preliminare ale tuturor mecanismelor auxiliare au durat circa 6 luni. Spălarea acidă s-a aplicat și la conductele de abur și de apă de alimentare și la preîncălzitoare, durînd 10 zile. La pornire, cazanul se umple cu apă de 110—125°C, se pornesc apoi cele două pompe de circulație și se aprind pe rînd injectoarele de păcură și arzătoarele de cărbune.

La pornirea automată intervin 120 parametri, ceea ce scurtează mult durata pornirii; în funcție de starea agregatului, automatica asigură o durată de pornire de 30—90 minute. Rezultatele de exploatare ale primului grup, în decembrie 1963, au fost: randamentul mediu, raportat la energia livrată, a fost de 40,4%; cazanul lucrează stabil și folosirea pompelor de circulație la pornire este perfect justificată; temperatura de supraîncălzire se menține constantă pînă la sarcina de 25%; soluția cu două camere de ardere s-a dovedit bună.

c. d.

Schwartz, O. **Perspectiva de viitor a folosirii diverșilor combustibili în cazanele de abur** B.W.K. 16 (1964), nr. 5, p. 247—249.

Este importantă problema concurării în viitor a diverșilor combustibili și a posibilității de concurare a centralelor termoelectrice cu cele atomoelectrice. Din examinarea în viitor (1966—1975) a folosirii combustibililor în țările vest-europene pentru producerea de căldură și de energie electrică, se poate trage concluzia că poziția relativă între diferitele sorturi (solid, lichid, gazos) practic nu se va schimba și că prețul va crește cu circa 10% (de la 15 $/t cărbune de piatră la 16,5 $/t.)

În construcția focarelor pentru păcură și gaze nu mai sînt de așteptat soluții noi; pentru combustibilul solid însă nu sînt încă folosite toate posibilitățile de transport și de ardere.

Experiențele făcute cu metoda hidraulică de prelucrare și de transport al cărbunelui și suflarea directă în focar — ca și păcura și gazele — fără altă pregătire intermediară, întăresc convingerea că aplicarea acestei metode este numai o chestiune de timp. Neajunsul principal al acestei metode: coborîrea randamentului cu 4—5% din cauza umidității mărite este compensat prin reducerea investițiilor izvorîte din: transportul cărbunelui, mai simplu; suprimarea morilor, silozurilor etc.; reducerea dimensiunilor conductelor de suflare a prafului, la care se mai adaugă și reducerea personalului de exploatare.

Este de așteptat ca și în secolul centralelor atomoelectrice importanța combustibililor clasici să fie încă mare.

c. d.

Gundry J.T.S. ș. a. **Folosirea amoniacului pentru evitarea coroziunilor de joasă temperatură în CTE Bankside (Anglia).** J. Inst. Fuel. 37 (1964), nr. 280, p. 178—186.

Chiar de la punerea în funcțiune a centralei Bankside (arzînd păcură cu S = 3,5%) s-au constatat coroziuni la treapta I-a a preîncălzitorului de aer.

Dintre măsurile de combatere, rezultate optime (dar nu totale) s-au obținut prin coborîrea excesului de aer pînă la 3—4% la ieșirea din economizor. Încercări suplimentare au dus la următoarele concluzii:

1. În comparație cu soluțiile fără nici un aditiv, introducerea de amoniac reduce viteza de coroziune cu 73%; această cifră scade la 43% în cazul folosirii de amine terțiare.

2. Folosind amoniac, durata de funcționare a preîncălzitorului crește pînă la minimum 8 ani și poate atinge și 12 ani dacă se aplică o concentrație corectă și dacă amestecul cu gazele de ardere este uniform.

3. Eficacitatea metodei de introducere a amoniacului crește la temperaturi scăzute.

4. Acțiunea amoniacului este neutralizatoare față de toate depunerile acide.

c. d.

Electroenergetică

* * * **Protecția transformatoarelor de putere. Analiza practicilor de către Comitetul de relee pe anul 1962.** AIEE Committee Raport. Pow. App. and Syst. 69, dec. 1963, p. 1040—1044.

Pentru a analiza tendințele în protecția transformatoarelor de putere s-a făcut o anchetă asupra practicilor existente în 92 întreprinderi de exploatare din S.U.A. Concluziile anchetei sînt următoarele:

— protecția împotriva defectelor interne prin relee de presiune este răspîndită și cu tendințe de lărgire a aplicabilității;

— protecția termică se utilizează pe scară largă, dar se conectează în general pe semalizare, deoarece tipurile actuale de relee nu prezintă siguranță deplină;

— releele detectoare de gaze nu sînt răspîndite, tranformatorul cu conservator de ulei la care sînt aplicabile nefiind utilizat în S.U.A.;

— protecția prin analiza gazelor este la începutul aplicării și încă nu s-au tras concluziile;

— protecția prin fuzibile este aplicată la transformatoare cu puteri pînă la 10 MVA și tensiuni pînă la 50 kV și peste. Aproximativ 25% din întreprinderile anchetate nu folosesc siguranțe fuzibile pentru protecția transformatoarelor.

— diversele variante de protecție diferențială s-au dovedit sigure și de aceea se conectează pe declanșare atunci cînd protecția prin relee de presiune sau termice de pe același transformator se conectează pe semnalizare;

— alte sisteme de protecție (de exemplu: relee cuvă-pămînt etc.) sînt puțin răspîndite și prezintă un interes redus.

c. t.

Kovalenko, V. P. **Transfigurarea echivalentă a sistemelor energetice complexe.** Izvestiia Akademii Nauk SSSR. Energhetika i transport nr. 2, 1964.

Se tratează problema echivalării sistemului energetic în raport cu o centrală, problemă care intervine în calculele stabilității statice și dinamice.

Echivalarea sistemului energetic printr-un singur grup este studiată în prima parte a articolului și constituie o reluare a unei lucrări a lui L. A. Jukov (Elektricestvo nr. 4, 1962). O asemenea echivalare conduce în general din punct de vedere matematic la două ecuații, în general incompatibile, care reflectă din punct de vedere fizic faptul că în timpul procesului tranzitoriu micile oscilații ale grupului echivalent se vor deosebi de micile oscilații ale sistemului energetic complex. Numai echivalarea acestuia prin două grupuri permite satisfacerea simultană a acestor ecuații, ceea ce conduce la concluzia că în studiile de stabilitate statică o asemenea echivalare este suficientă.

Pentru calculele de stabilitate dinamică, echivalarea sistemului energetic numai prin două grupuri este aproximativă.

Algoritmul de echivalare a sistemului energetic a fost programat pe calculatorul URAL—II.

a. p.

Martin, L. **Calculul greutății stîlpilor metalici cu zăbrele pe baza parametrilor de formă și de încărcare.** Energietechnik 14 (1964), nr. 4, p. 150—155.

Spre deosebire de formulele empirice ale lui Ryle și Peterson, care sînt folosite pentru calculul aproximativ al greutății stîlpilor metalici, în articol se dezvoltă pe cale teoretică, ținînd seama de analiza dimensională, noi formule de calcul al greutății stîlpilor. Factorii principali de care depinde greutatea stîlpului sînt următorii: înălțimea H(m) de la suprafața solului la punctul mediu de suspensie a conductorului, momentul de încovoiere la bază $M(kpm)$, forța tăietoare la bază $Q(kp)$. Folosind analiza dimensională, se ajunge la următoarea formulă: $G=kHM^{3\gamma-1}\ Q^{2-4\gamma}$, unde k și γ sînt constante adimensionale. Formulele lui Ryle și Peterson sînt cazuri particulare ale formulei Martin, și anume: prima pentru $\gamma = 1/2$ și a doua pentru $\gamma=1/3$. Se dau două exemple de deducere a greutății unor stîlpi portal de 400 kV, folosind formula Martin, ilustrîndu-se în mod particular modul de determinare a coeficienților k și γ. Se arată că pentru stîlpul portal de susținere se poate folosi formula arătată, care a fost stabilită pentru stîlpii monobloc. Pentru stîlpi portal de întindere, cu proptele (pentru linii de 400 kV), a fost dezvoltată formula $G = kH^{3\gamma}.\ Q^{1-\gamma}$.

a. r.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Grupul școlar „IOSIF RANGHEȚ" — București

str. Gh. Șincai 2—10, tel. 23.01.10

Primește înscrieri pentru examenul de admitere la următoarele școli tehnice:

I. ȘCOALA TEHNICĂ de muncitori calificați la specialitatea electricieni radio și televiziune — durata 3 ani.

II. ȘCOALA TEHNICĂ pentru personal tehnic la specialitățile:

— Termoenergetică — durata 3 ani.

— Energetică — durata 3 ani.

— Construcții hidrotehnice — durata 3 ani.

— Proiectanți pentru industrie, sectorul energetic — durata 2 ani.

Condiții de admitere: absolvenți ai școlilor medii cu diplomă de maturitate sau certificat de absolvire — băieți și fete, vîrsta 17—25 ani.

Înscrierile se fac pînă la data de 23 OCTOMBRIE la sediul școlii.

Acte necesare:

— Certificatul sau diploma de maturitate în original.

— Certificatul de naștere — copie legalizată.

— Certificatul de sănătate cu analiza Wasserman și pulmonar.

Pentru specialitatea electricieni radio-televiziune, candidații trebuie să aibă domiciliul în București și stagiul militar satisfăcut, iar înscrierile se fac în strada Nuferilor nr. 27 la Clubul Radioteleviziunii între orele 9—13, telefon 14.03.61.

Relații suplimentare se obțin la secretariatul școlii.

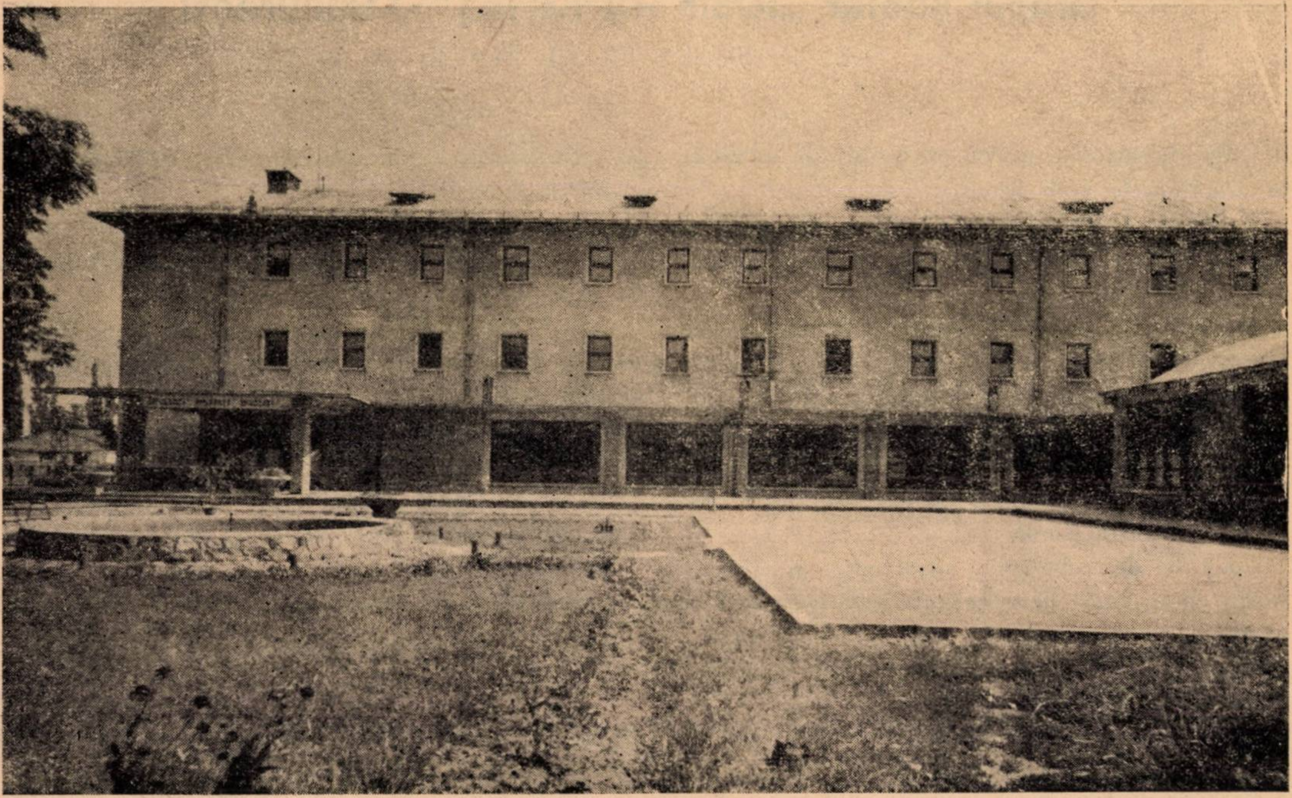
Revista „Energetica" salută inițiativa lăudabilă a editurii „Meridiane", care, printre alte lucrări menite să popularizeze peste hotare realizările economice ale țării noastre, a editat în limbile engleză, franceză și rusă lucrarea „Dezvoltarea electrificării în Romînia".

Textul este însoțit de numeroase fotografii din industria energetică, precum și din cea electrotehnică, într-o prezentare grafică reușită.

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția: București, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administrația: „IPROMIN" București, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN" — Publicațiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala București. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „INFORMAȚIA", București — c. 2754.

Taxele poștale plătite în numerar. conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

41 401



GRUPUL ŞCOLAR DE ENERGIE ELECTRICĂ

CÎMPINA

STR. GRIVIŢEI Nr. 1 • TELEFON 1922

PREGĂTEŞTE

MUNCITORI CALIFICAŢI	DINTRE ABSOLVENŢII ŞCOLII DE 7 ANI
PERSONAL TEHNIC	DINTRE ABSOLVENŢII ŞCOLII DE CULTURĂ GENERALĂ, CU ŞI FĂRĂ EXAMEN DE MATURITATE
MAIŞTRI	RECRUTAŢI DE ÎNTREPRINDERILE BENEFICIARE

Pentru înscrieri cei interesaţi se vor adresa secretariatului şcolii.

DISTILERIA CHIMICĂ DE LEMN Nr. 2 MARGINA
ŞI SECŢIA REŞIŢA

Produce şi livrează fără repartiţie:

SPUMANTOL

— Agent de spumare şi aglomerare a minereurilor neferoase
— Impregnarea lemnului

LAC DE BACHELITĂ

— Izolări de bobinaje la motoare electrice
— Material de impregnare pentru lemn, asbest, mucava
— Lac aplicabil pe suprafeţe metalice
— Liant pentru materiale abrazive
— Adeziv în industria periilor

SELAC ARTIFICIAL

— Lac pentru mobilă
— Fabricarea cerii pentru sigilii
— Fabricarea chiturilor
— Material izolant

GUDRON BRUT ŞI GUDRON SPECIAL pentru industria cauciucului

— Ingredient la fabricarea cauciucului
— Liant pentru coloranţi şi vopsele
— Construcţii de drumuri

PRAF DE CEMENTARE — două tipuri pentru cementarea oţelurilor

— Prepararea vopselelor
— Liant pentru coloranţi
— Izolant în construcţii
— Prepararea cerii negre pentru încălţăminte

SMOALĂ DE LEMN

— cu carbonat de bariu
— cu carbonat de calciu
la cerere

Comenzile se vor adresa la: Distileria Chimică de Lemn nr. 2, Comuna Margina
Raionul Făget, Reg. Banat

- echipamente pentru centrale electrice și echipamente termotehnice
- mașini electrice de curent alternativ trifazic și monofazic
- transformatoare
- aparataj electric de joasă și înaltă tensiune
- echipamente complete de distribuție de joasă și înaltă tensiune
- echipamente și accesorii pentru tracțiune electrică
- echipamente teletehnice și radiotehnice

Elektrim

VĂ OFERĂ:

- instrumente de măsură electrice și electronice
- echipamente pentru tehnică nucleară
- material de instalații și iluminat
- acumulatoare
- echipamente electrice pentru mine

Elektrim

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU COMERȚ EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTRIC

ELEKTRIM

VARȘOVIA — POLONIA
STR. CZACKIEGE 15/17
CĂSUȚA POȘTALĂ: 638 ● TELEX: 81—347

СОДЕРЖАНИЕ

Matyas, E.: **Подготовка и организация работ по учёту и переоценки основных фондов**

Energetica 12 (1964), № 9, стр. 457–460

ДК 621.311.003

Iftime, P. и *Roşca, P.*: **Соображения и результаты достигнутые в области производительности труда в енргетическом секторе.**

Energetica 12 (1964), № 9, стр. 461–465

ДК 621–714

Golici, D.: **Результаты работы градирен в принудительной тягой в условиях РНР.**

Приводятся результаты измерений, проведенных на градирнях с принудительной тягой на ТЭЦ Бразь и ТЭЦ Гривица Рошие, причем выводятся заключения относительно концепции и сооружения градирен.

Energetica 12 (1964), № 9, стр. 465–471

ДК 621.165 : 62–53

Nicolau, I.: **Автоматическая регулировка паровой турбины**

После краткого описания регулировочной системы показана ее статическая характеристика. Автор подробно останавливается на динамическом расчете системы. Отмечается, что система является динамически устройчивой.

Energetica 12 (1964), № 9, стр. 472–476

ДК 620.91

Barbu, I., Novac, C. и *Grigorescu, P.*: **Важный вторичный источник энергии: сухое охлаждение кокса.**

Показано значение и размеры вторичных энергетических ресурсов, представляемых теплом раскаленного кокса. Описаны три типа установок для сухого охлаждения кокса, причем приводятся соответствующие конструктивные характеристики и полученные результаты.

Energetica 12 (1964), № 9, стр. 476–480

ДК 621.181 : 536.24

Chercea, Gh.: **Последствия недостаточного знания теплопередачи в камерах сжигания паровых котлов, работающих на газе метане и возможность их устранения.**

Показаны новейшие методы расчета радиационной теплопередачи в камерах сжигания котлов в основном и особенно в случае сжигания газового топлива. При этом даются рекомендации в целях устранения возникающих последствий.

Energetica 12 (1964), № 9, стр. 480–482

ДК 621.316.925 : 621.316.1

Zimand, R.: **Релейный фильтр из обратных симметрических компонент для сенсибилизации современных релейных защитных систем и для блокировки при пендуляции дистанционных защитных устройств.**

Рассматриваются случаи, при которых рекомендуется использование защитных устройств из обратных симметрических компонент, с дополнением или с заменой существующих защитных устройств на генераторах, трансформаторах и линиях электропередач. Описаны образцы, разработанные для релейного фильтра обратного напряжения и релейный фильтр обратного тока.

Energetica 12 (1964), № 9, стр. 482–487

ДК 621.317.333.4 : 625.5

Iliesi, Gh. и *Mateescu, T.*: **Импульсный локатор для выявления дефектов на кабелях.**

Energetica 12 (1964), № 9, стр. 488–494

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ДК 621.316.9.002/4

Satrapeli, T.: **Аспекты осуществления и эксплуатации схем максимальной дирекциональной защиты.**

Energetica 12 (1964), № 9, стр. 494–496

ХРОНИКА

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

Matyas, E.: **Organisierung der Inventar und der Neubewertung des fixen Kapitals**

Energetica 12 (1964), H. 9, S. 457–460.

DK 621.311.003

Iftime, P. und *Roşca, P.*: **Massstäbe und Leistungen auf dem Gebiet der Arbeitsproduktivität in der Energiewirtschaft**

Energetica 12 (1964), H. 9, S. 461–465

DK 621–714

Golici, D.: **Betriebsergebnisse von Kühltürmen mit künstlichem Zug in den in Rumänien gegebenen Bedingungen**

Darstellung der bei Kühltürmen mit künstlichem Zug in den Industriekraftwerken Brazi und Griviţa Roşie erzielten Messergebnisse und Schlussfolgerungen in Bezug auf Entwurf und Ausführung derartiger Kühltürme.

Energetica 12 (1964), H. 9, S. 465–471

DK 621.165 : 621–53

Nicolau, I.: **Automatische Regelung einer Dampfturbine**

Nach kurzer Darstellung des angewendeten Regelsystems, werden die statische Charakteristik des Systems sowie dessen dynamische Berechnung erörtert; das Ergebnis zeigt dass das System dynamisch stabil ist.

Energetica 12 (1964), H. 9, S. 472–476

DK 620.91

Barbu, I., Novac, C. und *Grigorescu, P.*: **Eine bedeutende sekundäre Energiequelle: trockene Kühlung des Kokses**

Bedeutung und Grössenordnung der in der Wärme des glühenden Kokses enthaltenen sekundären Energiequelle werden aufgezeigt. Es werden drei Bautypen von Anlagen für trockene Kühlung des Kokses mit ihren baulichen Eigenschaften und ihren Leistungen beschrieben.

Energetica 12 (1964), H. 9, S. 476–480

DK 612.181 : 536.24

Chercea, Gh.: **Folgen unzureichender Kenntnis der Wärmeübertragung in den mit Metangas befeuerten Brennkammern von Dampfkesseln**

Die derzeitigen Berechnungsverfahren der Wärmeübertragung durch Strahlung in Kesselbrennkammern wird im allgemeinen und im Falle der Verbrennung gasförmiger Brennstoffe mit Hinweis auf Verbesserungemöglichkeiten erörtert.

Energetica 12 (1964), H. 9, S. 480–482

DK 621.316.925 : 621.316.1

Zimand, R.: **Durch die symmetrischen Gegenkomponenten angeregtes Relais zur Steigerung der Empfindlickeit des derzeitigen Netzschutzes und zur Sperrung des Distanzschutzes bei Pendelungen**

Es werden die Fälle untersucht, in welchen die Verwendung eines vom Gegensystem angeregten Schutzes als Ergänzung oder als Ersatz für den an Generatoren, Transformatoren oder Leitungen vorhendenen Schutz zu empfehlen ist. Die zur Anregung durch das Gegensystem entwickelten Erstausführungen von Spannungs- bezw. Stromrelais werden beschrieben.

Energetica 12 (1964), H. 9, S. 482–487

DK 621.317.333.4 : 625.5

Iliesi, Gh. und *Mateescu, T.*: **Schadenortungsgerät für Kabel**

Energetica 12 (1964), H. 9, S. 488–494

AUS DEN BETRIEBEN

DK 621.316.9.002/4

Satrapeli, T.: **Betrachtungen über Entwurf und Betrieb von direktionalen Maximalschutz-Schaltbilder**

Energetica 12 (1964), H. 9, S. 494–496

CHRONIK

DOKUMENTATION

SOMMAIRE

Matyas, E. : **Organisation du dressage de l'inventaire et de la nouvelle evaluation du capitale fixe**

Energetica 12 (1964), no. 9, p. 457–460

CD 621.311.003

Iftime, P. et *Roşca, P.* : **Réalisations et considérations sur la productivité du travail dans le secteur énergétique**

Energetica 12 (1964), no. 9, p. 461–465

CD 621–717

Golici, D. : **Quelques résultats du fonctionnement des tours de réfrigération à tirage forcé dans les conditions existantes en Roumanie.**

L'article présente les résultats des mesures effectuées sur les tours de réfrigération à tirage forcé des centrales thermiques Brazi et Griviţa Roşie. Les conclusions de l'article se réfèrent à la conception et à l'exécution des tours.

Energetica 12 (1964), no. 9, p. 465–471

CD 621.165 : 621–53

Nicolau, I. : **Le règlage automatique d'une turbine à vapeur.**

Après avoir présenté le système de règlage, l'auteur décrit sa caractéristique statique et insiste sur le calcul dynamique du système ; il résulte que le système est stable du point de vue dynamique.

Energetica 12 (1964), no. 9, p. 472–476

CD 620.91

Barbu, I., *Novac, C.* et *Grigorescu, P.* : **Une importante source secondaire d'énergie : refroidissement sec du coke.**

Les auteurs soulignent l'importance et la valeur de la source énergétique secondaire constituée par la chaleur du coke incandescent. En continuation ils décrivent trois types d'installations pour le refroidissement sec du coke, leurs caractéristiques de construction et les performances obtenues.

Energetica 12 (1964), no. 9, p. 476–480

CD 621.181 : 536.24

Chercea, Gh. : **Conséquences d'une connaissance imparfaite de la transmission de la chaleur dans les foyers des chaudières à vapeurs brûlant du gas naturel.**

L'article expose les méthodes de calcul de la transmission de chaleur par radiation dans les chambres de combustion des chaudières en général et insiste sur le cas spécial de la combustion du combustible gaseux. L'auteur termine par des recommandations pour remédier les calculs imparfaits.

Energetica 12 (1964), no. 9, p. 480–482

CD 621.316.925 : 621.316.1

Zimand, R. : **Filtre de séquence inverse pour la sensibilisation des systèmes actuels de protection par rélais et pour le blocage de la pendulation des protections de distance.**

L'article étudie les cas où il est recommandable d'utiliser les protections de séquence inverse pour completer ou remplacer les protections des générateurs, des transformateurs et des lignes électriques. On décrit les prototypes d'un filtre de courant inverse.

Energetica, 12 (1964), no. 9, p. 482–487

CD 621.317.333.4 : 625.5

Iliesi, Gh. et *Mateescu, T.* : **Dispositif de contrôle de défauts dans les câbles.**

Les auteurs exposent la méthode pour détecter par impulsions les défauts des câbles et les avantages qu'elle présente, ainsi que le principe de fonctionnement de l'appareil et ses caractéristiques techniques.

Energetica 12 (1964), no. 9, p. 488–494

DE L'EXPLOITATION

CD 621.316.9.002/4

Satrapeli, T. : **Considérations sur la réalisation et l'exploitation des schémas de protection maximale directionnelle.**

Energetica 12 (1964), no. 9, p. 494–496

CHRONIQUE

DOCUMENTATION

CONTENTS

Matyas, E. : **Organisation of stock taking and of revaluation of the fixed capital**

Energetica 12 (1964), nr. 9, p. 457–460

DC 621.311.003

Iftime, P. and *Roşca, P.* : **Some considerations on the productivity of work in energetics**

Energetica 12 (1964), nr. 9, p. 461–465

DC 621–714

Golici, D. : **Results obtained by operating f.d. cooling towers in the conditions of Rumania.**

Results obtained from measures made on f.d. cooling towers at the thermal power stations Brazi and Griviţa Roşie. Conclusions are drawn on the design and the building of cooling towers.

Energetica 12 (1964), nr. 9, p. 465–471

DC 621.165 : 621–53

Nicolau, I. : **Automatic control of a steam turbine**

After a brief presentation of the control system, the author mentions its static characteristic, insisting on the dynamic calculation of the system. The result is a dynamically stable system.

Energetica 12 (1964), nr. 9, p. 472–476

DC 620.91

Barbu, I., *Novac, C.* and *Grigorescu, P.* : **An important secondary source of power : dry cooling of coke.**

The magnitude and the importance of the secondary power source obtained from the heat of incandescent coke is shown by the authors which also mention three types of dry coke cooling plants (performances, construction).

Energetica 12 (1964), nr. 9, p. 476–480

DC 621.181 : 536.24

Chercea, Gh. : **Results of imperfect calculations of heat transmission in the furnaces of steam boilers fuelled with natural gas.**

The present methods for calculating heat transmission by radiation in boiler furnaces especially when boilers are fuelled with natural gas, are shown in this article, the author mentioning also the necessary improvments.

Energetica 12 (1964), nr. 9, p. 480–482

DC 621.316.925 : 621.316.1

Zimand, R. : **Negative sequence filter for rendering more sensitive present relay protection systems and for preventing swinging in distance protections.**

The author discusses the cases when the use of negative sequence protections supplement or replace existing protections on generators, transformers and electric lines. Prototypes of negative sequence voltage filters and negative sequence current filters are also described.

Energetica 12 (1964), nr. 9, p. 482–487

DC 621.317.333.4 : 625.5

Iliesi, Gh. and *Mateescu, T.* : **Fault locating instrument for cables**

A method using current pulses for locating faults in cables is presented by the authors. Technical data and operating principles are given for the fault locating instrument.

Energetica 12 (1964), nr. 9, p. .488–494

FROM THE EXPLOITATION

DC 621.316.9.002/4

Satrapeli, T. : **Setting up and operation of over-current directional protections designed in accordance with various schematic diagrams.**

Energetica 12 (1964), nr. 9, p. 494–496

CHRONICLE

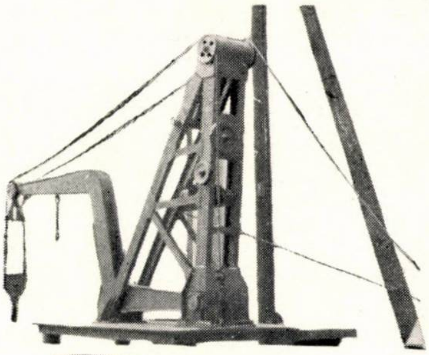
DOCUMENTATION

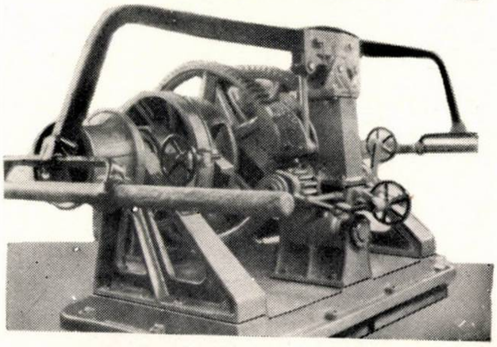
ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

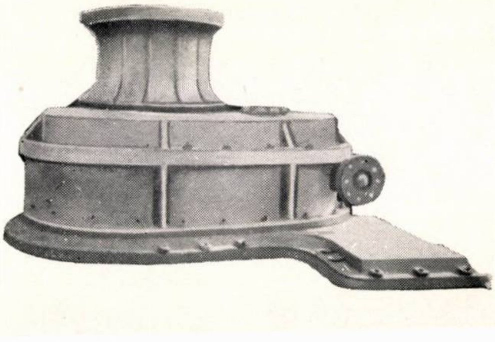
UZINA MECANICA
GALATI

Produce şi livrează:

- Piese de schimb material rulare C.F.R.
- Carcase electromotor pentru U.M.E. Bucureşti
- Vane brut turnate pînă la diametrul 400 pentru Uzina mecanică Bacău
- Accesorii pentru semnalizări, centralizare, blocaj (S.C.B.) pentru C.F.R.
- Utilaje şi agregate navale: capace metalice pentru cargourile de 4500 tdw, vinciuri ancoră, maşini de cîrmă, cabestan, grui, vinciuri de grui etc.

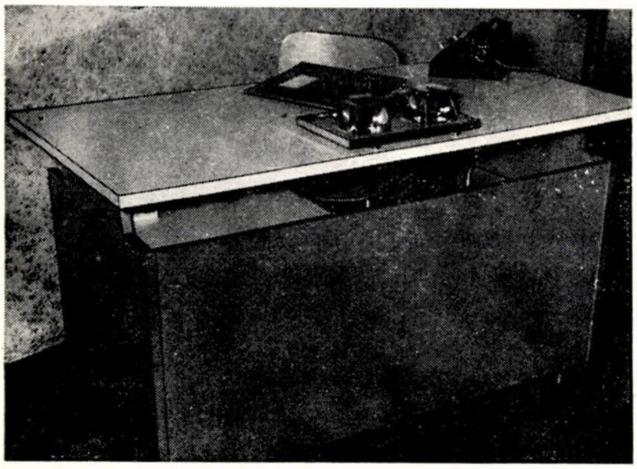






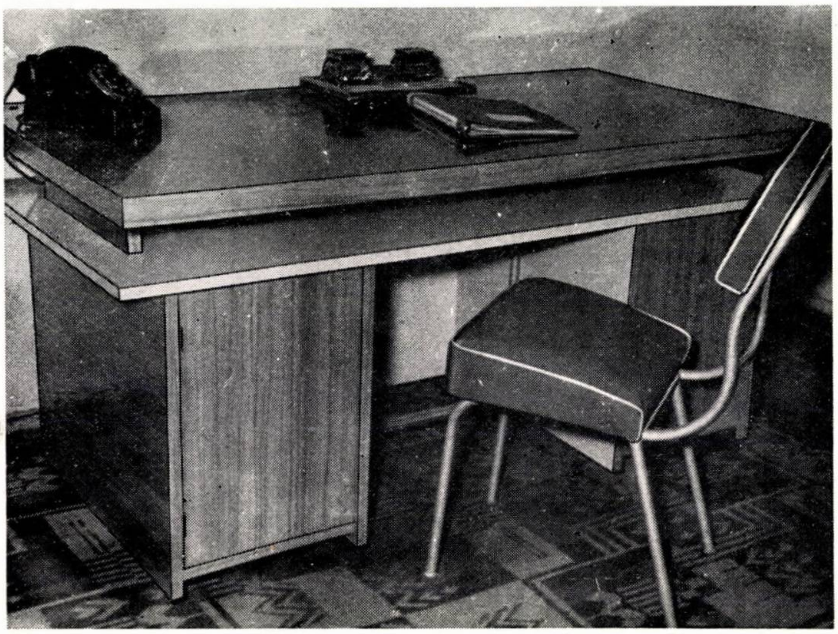
UZINA MECANICĂ GALAŢI

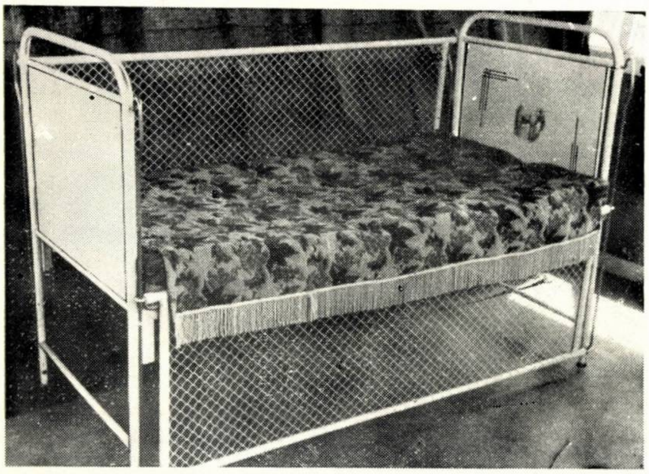
TELEFON 38.91



I.I.S.

11 IUNIE





PRODUCE ȘI LIVREAZĂ
pe bază de repartiție:

- **MOBILIER COMPLET METALIC**
- **MOBILIER METALIC COMBINAT CU MASĂ PLASTICĂ**

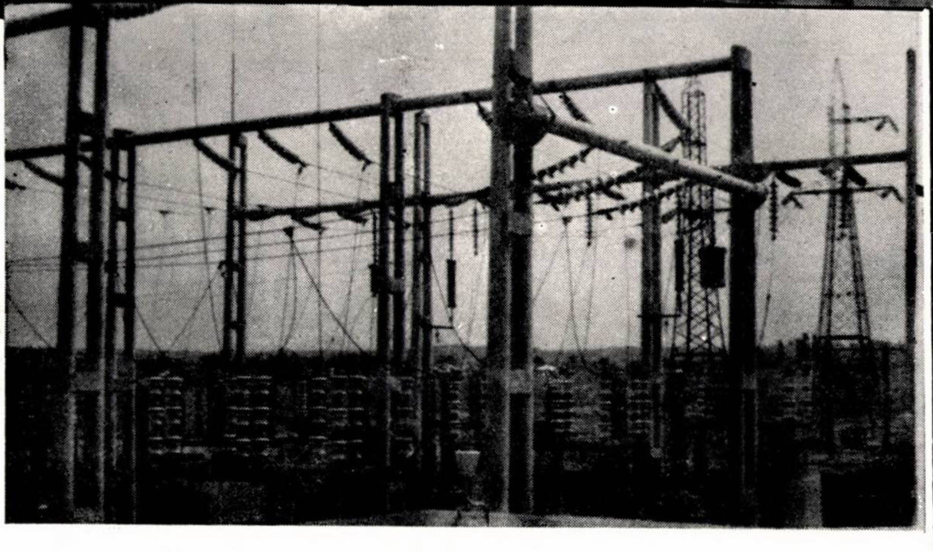
pentru uzul spitalelor și întreprinderilor

I.I.S. „11 IUNIE" GALAȚI — STR. VEZUVIULUI 59 — TEL. 37.19

IRE *Oltenia*
CRAIOVA

Produce şi distribuie prin instalaţiile sale energie electrică la orice categorie de consumatori

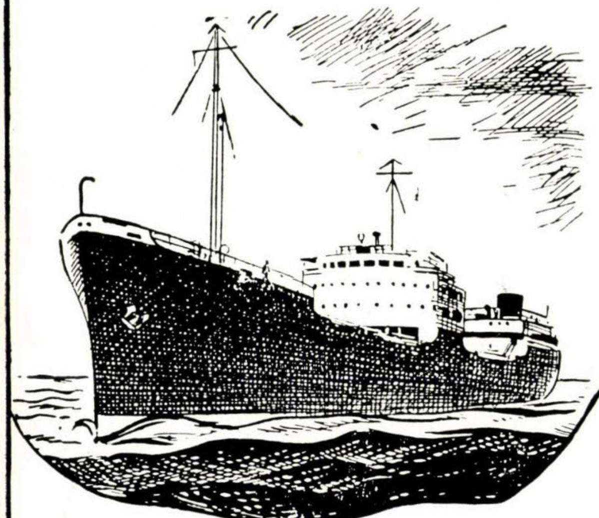
Execută prin secţia de construcţii-montaj reţele electrice de medie şi joasă tensiune pentru electrificări rurale



Execută prin secţiile de reţele instalaţii interioare în mediul urban şi rural

Proiectează reţele, posturi şi staţii de transformare pentru tensiuni pînă la 110 kV inclusiv

ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ DE ELECTRICITATE
Oltenia
STR. BREŞTEI NR. 5 ◆ CRAIOVA ◆ TELEFON 4096 — 1644



Șantierul Naval BRĂILA

Execută următoarele construcții navale:

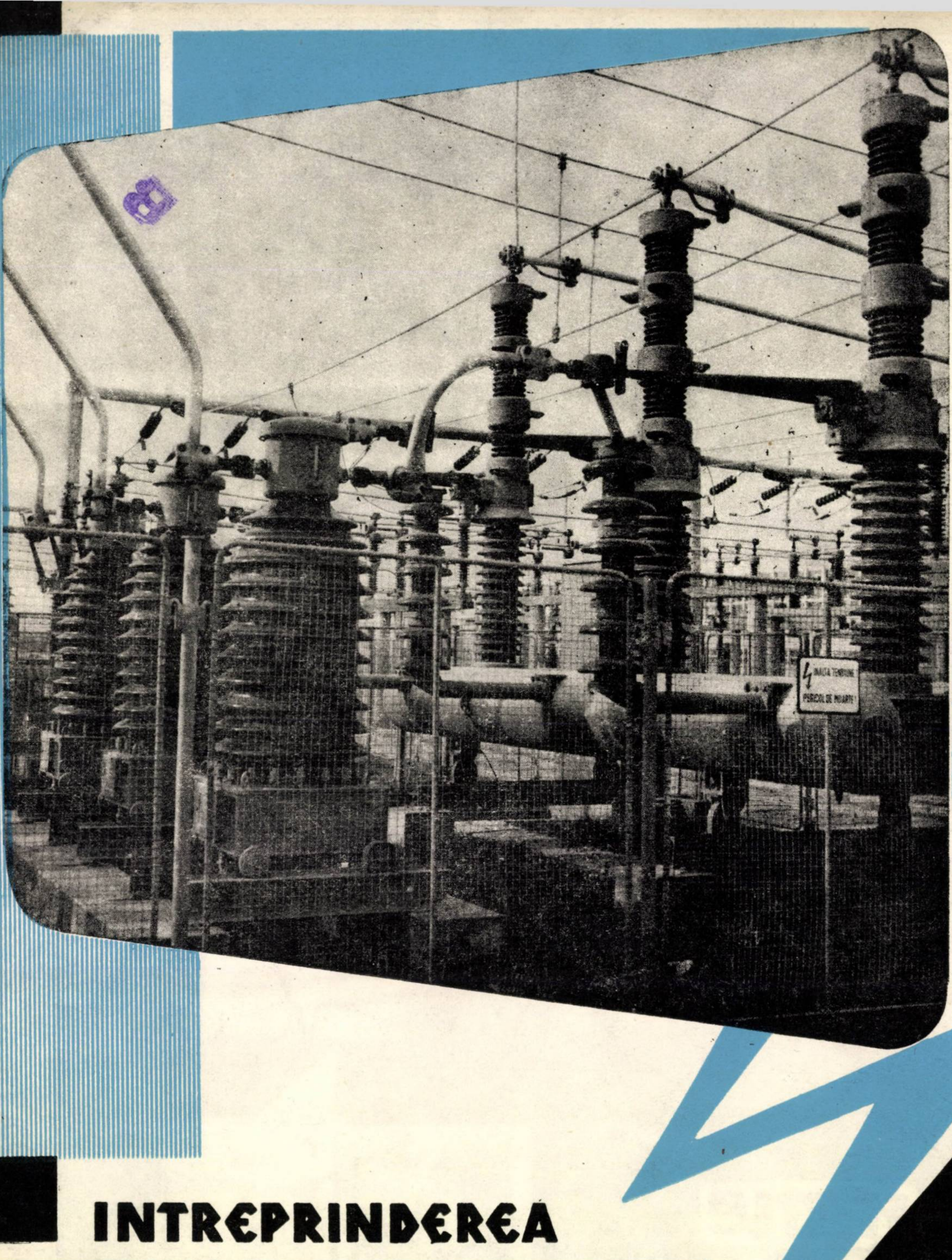
- Șlepuri de 1000 și 1700 t
- Ceamuri de 200 și 240 t
- Șalupe de diferite tipuri
- Bacuri dormitoare de 42 și 20 locuri
- Tancuri petroliere

KÖNYVTÁR

ȘANTIERUL NAVAL BRĂILA

STR. FABRICILOR NR. 2 ● TELEFON 1748 — 1749
TELEX 1809

irme
%O2
%O2
EXECUTĂ ÎNCERCĂRI ASUPRA AGREGATELOR TERMOENERGETICE PENTRU DETERMINAREA INDICILOR TEHNICO-ECONOMICI DE FUNCȚIONARE ȘI STABILIREA FIȘELOR DE REGIM OPTIM


ÎNALTĂ TENSIUNE
PERICOL DE MOARTE!

INTREPRINDEREA
CENTRALA TERMOELECTRICĂ
LUDUŞ

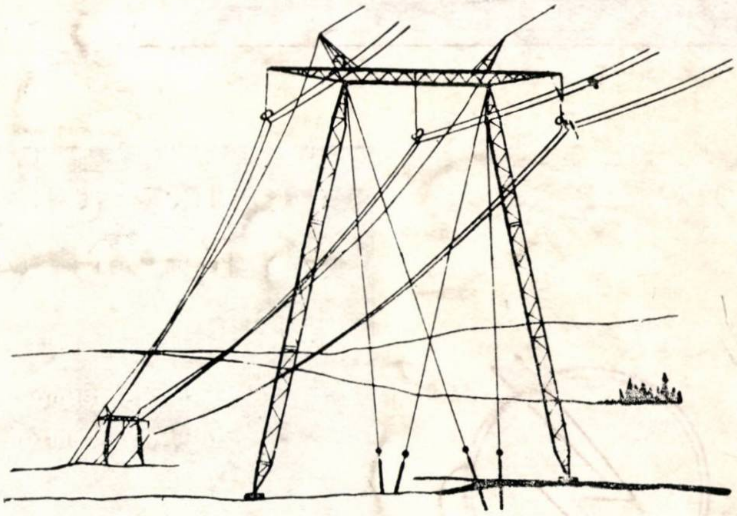
E 2039

REFERÁLVA

R

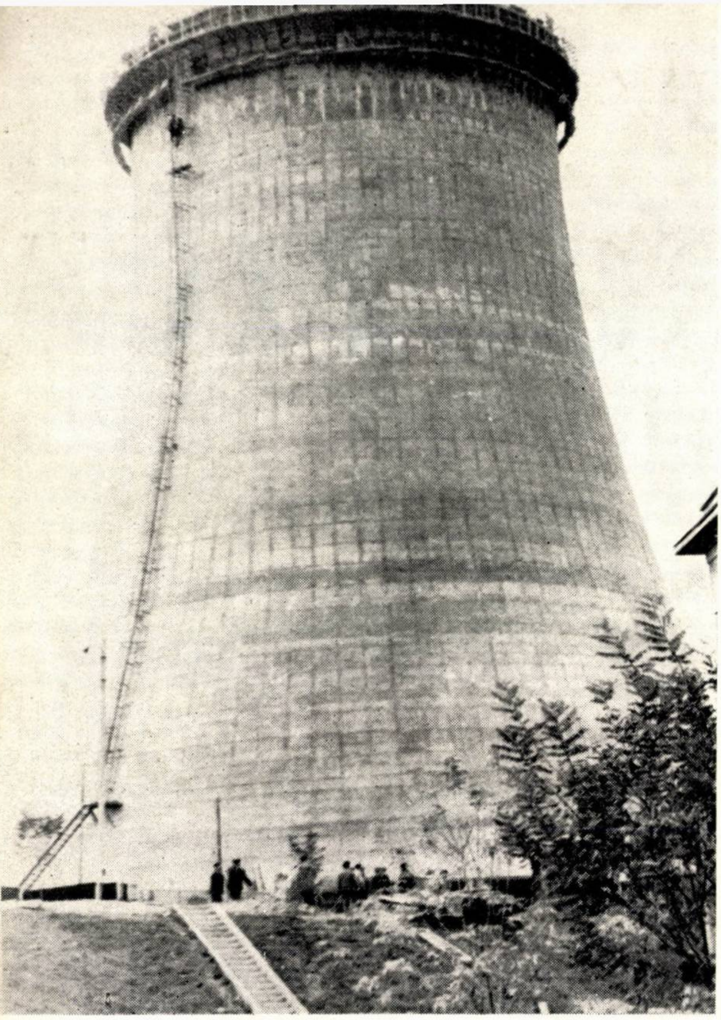
ENERGETICA

VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 10 ★ ENERGETICA



10

BUCUREȘTI ★ OCTOMBRIE ★ 1964



T
C
M
E

TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unitățile sale de construcții și montaj:

- Centrale termoelectrice și de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Stații electrice și posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuție.
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați.
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice.
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție.

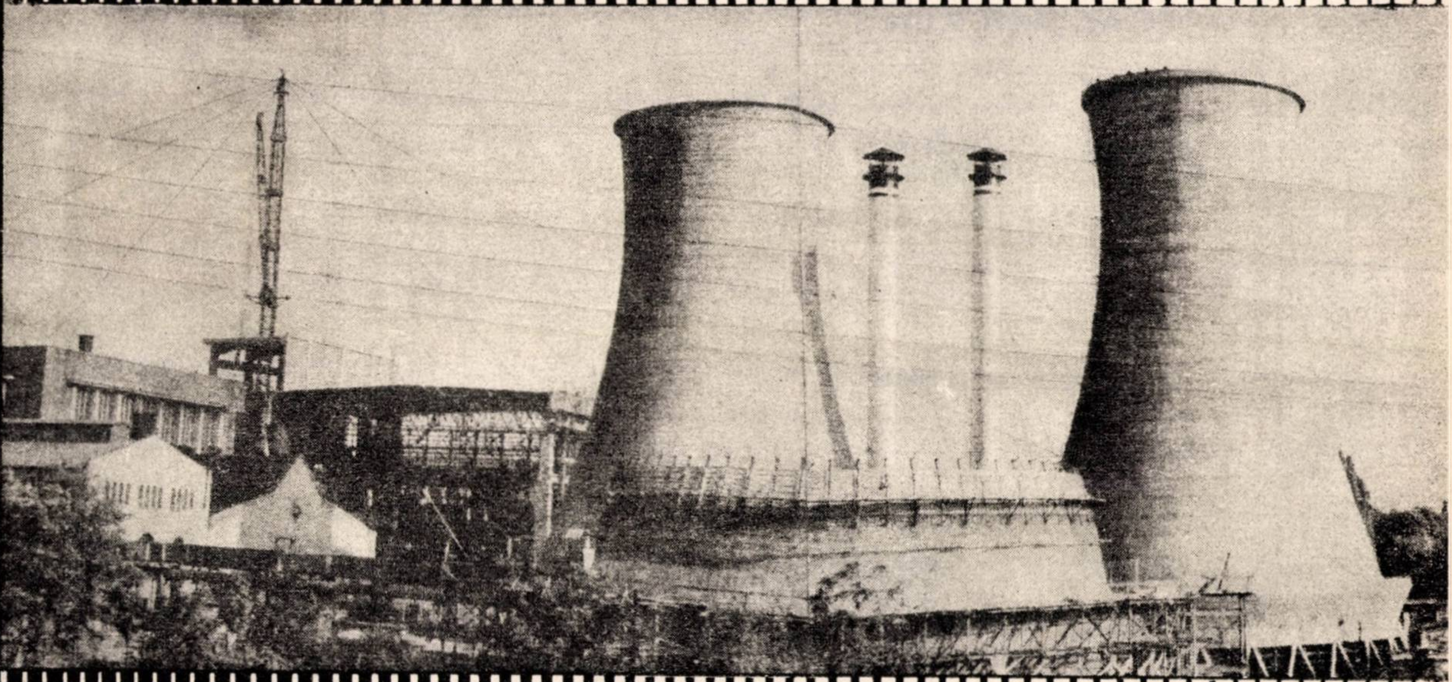
BUCUREȘTI CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.30

NTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE BUCUREȘTI

distribuie prin unitățile sale energie electrică și termică consumatorilor din Capitală

dispune de instalații moderne cu înalt grad de automatizare

spect general al Centralei Electrice de Termoficare Grozăvești



ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE BUCUREȘTI

angajează:

ingineri, tehnicieni și maiștri energeticieni cu domiciliul stabil în orașul București, pentru centralele sale din:
GROZĂVEȘTI, FILARET, 23 AUGUST și VITAN

I. E. C. — BUCUREȘTI
SPL. INDEPENDENȚEI NR. 229
TELEFON 13.08.32 33—34

DISTILERIA CHIMICĂ DE LEMN Nr. 2 MARGINA ȘI SECȚIA REȘIȚA

Produce și livrează fără repartiție:

SPUMANTOL

- — Agent de spumare și aglomerare a minereurilor neferoase
- — Impregnarea lemnului

LAC DE BACHELITĂ

- — Izolări de bobinaje la motoare electrice
- — Material de impregnare pentru lemn, asbest, mucava
- — Lac aplicabil pe suprafețe metalice
- — Liant pentru materiale abrazive
- — Adeziv în industria periilor

SELAC ARTIFICIAL

- — Lac pentru mobilă
- — Fabricarea cerii pentru sigilii
- — Fabricarea chiturilor
- — Material izolant

GUDRON BRUT ȘI GUDRON SPECIAL pentru industria cauciucului

- — Ingredient la fabricarea cauciucului
- — Liant pentru coloranți și vopsele
- — Construcții de drumuri

SMOALĂ DE LEMN

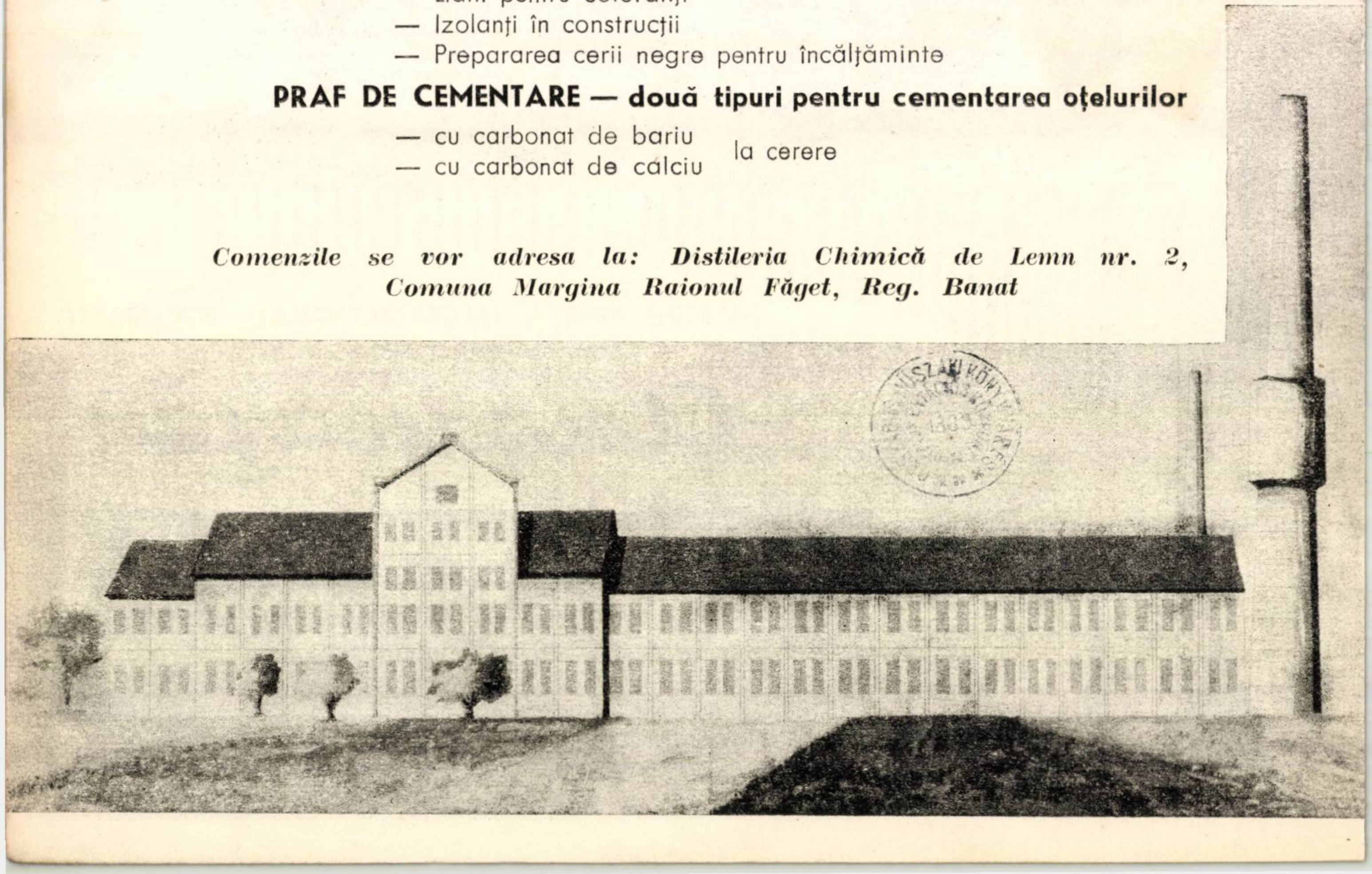
- — Prepararea vopselelor
- — Liant pentru coloranți
- — Izolanți în construcții
- — Prepararea cerii negre pentru încălțăminte

PRAF DE CEMENTARE — două tipuri pentru cementarea oțelurilor

- — cu carbonat de bariu
- — cu carbonat de calciu

la cerere

Comenzile se vor adresa la: Distileria Chimică de Lemn nr. 2,
Comuna Margina Raionul Făget, Reg. Banat



ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1963

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 10 OCTOMBRIE

Cuprins

* * * Studiul sistemelor electroenergetice cu ajutorul calculatoarelor electronice 501

Groza, L. Evoluţii recente în folosirea maşinilor electronice de calcul în probleme de planificare a reţelelor 502—506

Manea, F., Ionescu S. şi *Popescu, D.* Repartiţia optimă a puterilor între centrale. Influenţa diverselor moduri de considerare a pierderilor din reţele 507—513

Chirculescu, N. Contribuţii la teoria optimizării regimurilor de funcţionare a sistemelor energetice 514—520

Arie, E. şi *Pomîrleanu, M.* Rezolvarea pe calculatorul analogic MECAN II a unei probleme de repartiţie optimă a sarcinilor între centrale 520—525

Semlyén, A. Cu privire la repartiţia optimă a sarcinii între centrale şi agregate 526—534

Semlyén, A., Bucca, C. şi *Crişan, O.* Studii comparative privind determinarea repartiţiei optime a sarcinii pe centrale prin modelare 534—538

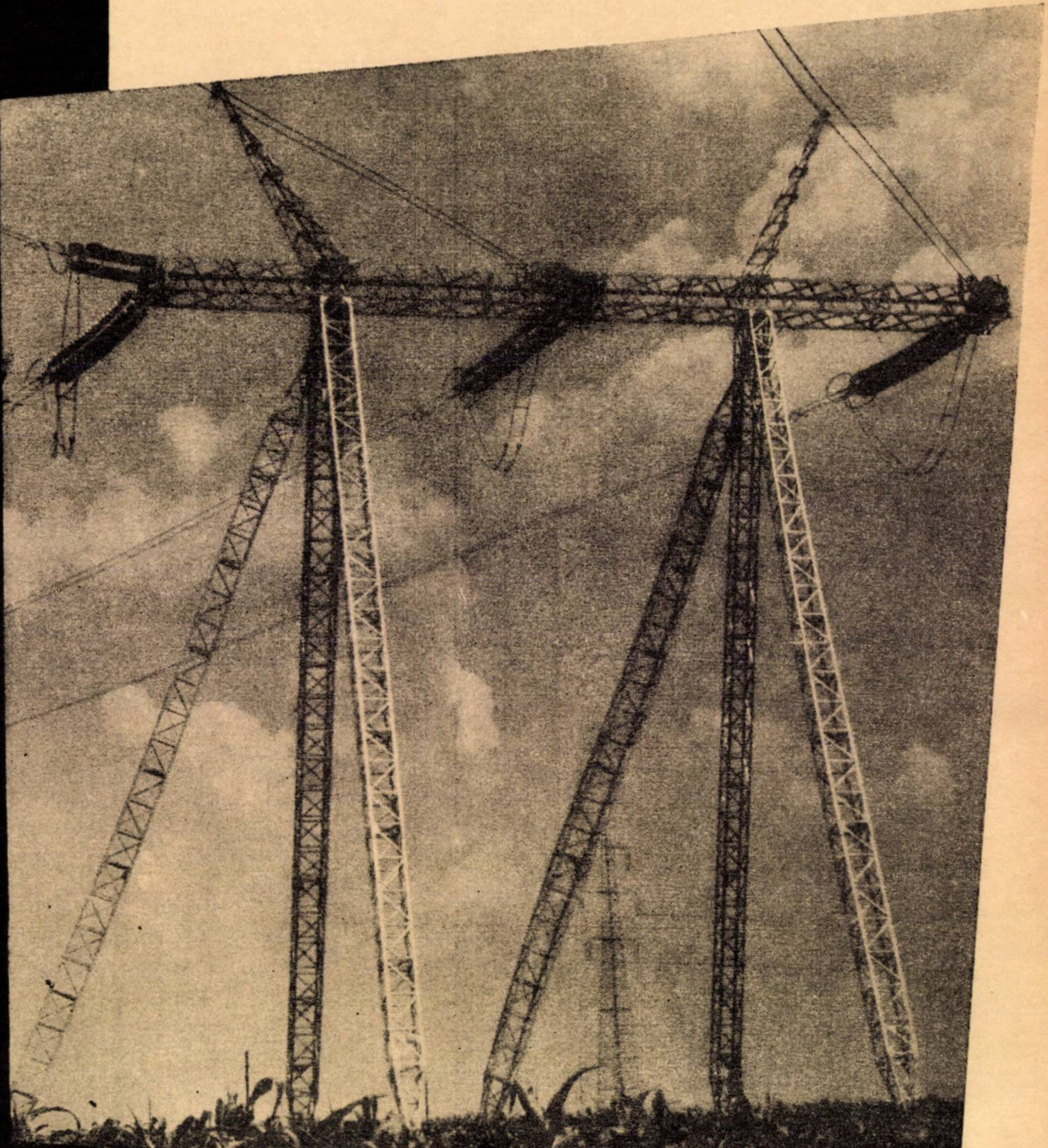
Ionescu, S., Agalidi, E. şi *Marlac, D.* Repartiţia optimă a puterilor între centralele unui sistem energetic. Programe pentru calculatoarele cifrice 538—544

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE

BUCUREŞTI, Bd. REPUBLICII Nr. 29 - Tel. 158960



LINIE DE TRANSPORT DE ENERGIE ELECTRICĂ
LA TENSIUNEA DE 400 kV
Proiect întocmit de ISPE

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL
CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12
1964
Nr. 10
OCTOMBRIE

Studiul sistemelor electroenergetice cu ajutorul calculatoarelor electronice

Revoluţia introdusă în ultimul timp în căile şi procedeele de studiu, determinare a soluţiilor, luare a deciziilor de către calculatoarele electronice, cifrice şi analogice, se manifestă puternic şi în energetică.

Decizii care pînă ieri erau luate de specialişti par a trece în atribuţiile maşinilor electronice. Odată organizată temeinic „informarea" maşinii şi alcătuit „programul", decizia apare determinată obiectiv, pentru satisfacerea în general a unei condiţii de optim. Numeroase căi noi de studiu au apărut în toate problemele speciale. O serie nouă de concepte şi noţiuni trebuie cunoscute şi asimilate temeinic, pentru a putea păşi cu succes în această nouă etapă în care se angajează mişcarea tehnico-ştiinţifică mondială.

Studiile prezentate în acest număr sînt grupate în jurul acestor idei noi. O lămurire a felului cum trebuie adaptate, în cazul special al sistemului nostru energetic, noile procedee şi metode este indispensabilă. O analiză de detaliu este necesară pentru stabilirea realităţilor noastre în legătură cu posibilităţile de aliniere a informaţiilor necesare în fiecare din problemele cercetate pe aceste noi căi, pentru a defini efortul raţional de calcul într-un domeniu sau altul, ţinînd seamă de beneficiul ce se poate obţine real, în fine, pentru a ierarhiza progresiv domeniile în care deciziile ar putea fi luate de maşină. Prima serie de studii din acest domeniu, cuprinse în numărul de faţă al revistei, orientează asupra felului cum pot fi atacate diferitele probleme specifice sistemelor electroenergetice şi vor ajuta, desigur, şi la asimilarea conceptelor şi principiilor nou apărute o dată cu noua tehnică de cercetare şi calcul.*

---

* Ultimele două articole din această serie de studii, şi anume: „Reducerea schemelor electrice utilizate în energetică, folosind calculatoarele numerice" şi „Considerarea noţiunilor «tensiunii de referinţă» şi «nodului sau punctului de balansare» în calculele regimurilor reţelelor sistemelor electrice", vor apărea în nr. 11/1964 al revistei.

Lefordítva
16824/pr

Evoluții recente în folosirea mașinilor electronice de calcul în probleme de planificare a rețelelor

Ing. L. Groza

Planificarea rețelelor tinde să cuprindă un domeniu tot mai extins de calcule de diverse tipuri : electrotehnice, energetice, economice etc. Acest lucru se datorește faptului că avantajele economice ce se pot obține dintr-un calcul complet, folosind metode moderne, sînt din ce în ce mai importante, ținînd seamă de creșterea continuă a investițiilor în sectorul energetic.

În afara studiilor ce se fac pentru o perspectivă mai largă de 10—20 ani, în domeniul planificării rețelelor intră și problemele de optimizări momentane, zilnice-săptămînale și anuale. Schema completă de calcul, pentru care se dă un exemplu în articol, cuprinde toate aceste domenii, într-o strînsă interdependență, avînd la bază date, informații sistematizate, studii parțiale etc., care conduc la optimizarea funcționării sistemelor energetice și la stabilirea unor stări succesive optime ale instalațiilor.

În momentul de față asistăm, pe plan mondial, la un salt calitativ în efectuarea studiilor de planificare a rețelelor, datorită în primul rînd mașinilor electronice de calcul.

Posibilitatea de automatizare a calculelor, ca rezultat al creșterii capacității și vitezei mașinilor electronice de calcul, deschide noi orizonturi în domeniul planificării rețelelor.

Tratarea matematică a acestei probleme capătă, de asemenea, un aspect nou, legat de cel de mai sus, deschizînd noi posibilități datorită introducerii calculului probabilităților în planificarea rețelelor.

Tratarea clasică a problemei a suferit, de asemenea, schimbări calitative prin introducerea de noi elemente, cum sînt : costul energiei nelivrate, calitatea tensiunii etc.

Aceste trei elemente amintite au făcut posibilă trecerea de la calculul static al problemei, în care se cuprinde mai mult aspectul tehnic și în foarte mică măsură aspectul economic, la un calcul dinamic complex, în care aspectele tehnice și economice formează un tot unitar, urmărindu-se găsirea unei soluții optime care să cuprindă stările succesive ale unei rețele, mai mult sau mai puțin extinse teritorial, pentru o durată de studiu mai îndelungată.

Calcule complete de acest fel cu ajutorul mașinilor electronice de capacitate mare au arătat că se pot obține uneori reduceri destul de spectaculoase ale investițiilor ce se fac în ramura energetică. Acest lucru a atras atenția în oarecare măsură economiștilor, ținînd seamă de faptul ca orice reducere, procentual cît de neînsemnată, a investițiilor ce se fac în această ramură pentru o anumită perioadă mai îndelungată să ducă la economii considerabile.

Investițiile în mijloace de producție de energie electrică și în rețele de transport, repartiție și distribuție reprezintă partea care interesează în primul rînd. Pe de altă parte, investițiile în centrale și în rețele sînt condiționate reciproc, soluția optimă reprezentînd un studiu de sinteză, care are ca dată principală de bază prevederile de dezvoltare a consumului de energie electrică.

Pentru a ne forma o imagine asupra volumului de investiții pentru o durată de cîțiva ani, să ne referim, de exemplu, la obiectivele energetice prevăzute în planul de dezvoltare șesenal (1960—1965), stabilite la Congresul al III-lea al Partidului, precum și la cîteva considerații preliminare privind indicii de dezvoltare a sistemului energetic al R.P.R.

Pentru a ne forma o imagine de perspectivă mai largă în această problemă, în figura 1 se arată, pentru o perioadă de 15 ani, dezvoltarea consumului. Aproximativ proporțional cu aceasta se dezvoltă instalațiile din centrale și rețele. De exemplu, puterea instalată în centrale, la un număr de 5 000 ore de utilizare, este de 200 MW la 1 TWh, iar liniile electrice de transport de înaltă tensiune circa 1,5 km la 1 MW putere instalată.

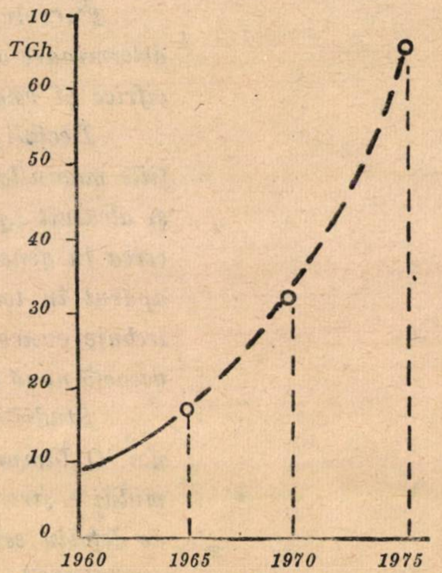


Fig. 1. Diagrama dezvoltării consumului de energie electrică în R.P.R.

Ordinul de mărime al investițiilor pentru prima perioadă de 6 ani este de circa 10 miliarde lei, ceea ce face ca o reducere a lor de numai 1% să fie de ordinul a 10 milioane lei, echivalînd nu numai cu achiziția unei mașini mari de calcul, ci chiar cu finanțarea unui institut de proiectare.

1. Stadiul actual al calculelor de dezvoltare a rețelelor

Avînd la bază balanțele de dezvoltare a consumului și studii preliminare de amplasare a centralelor, față de care structura rețelei joacă un rol secundar, se formează diverse variante de configurație a rețelelor de 110, 220, 400 kV pentru etape succesive (1965, 1970 etc.).

Stabilirea acestor configurații depinde în mare măsură de iscusința proiectantului. Deși alegerea soluțiilor are la bază un studiu destul de aprofundat al dezvoltării producției și consumului, iar alegerea soluției optime se face pe bază de calcule tehnico-economice, totuși tratarea problemei nu este completă. Metodele moderne menționate permit în mare măsură înlăturarea acestei deficiențe.

Calculele de acest fel se fac în prezent pe bucăți, problemele tehnice și economice tratîndu-se separat, deși s-au obținut realizări frumoase în fiecare din aceste aspecte separat. De exemplu, în calculele tehnice de rețele se calculează la mașinile electronice regimurile pe diverse structuri de rețea, reglajul tensiunii, costul pierderilor, stabilitatea etc.

Pe partea economică s-a întocmit o metodologie [2], care ține seamă de eșalonarea în timp a investițiilor, așa cum se arată în tabela 1.

Calculele respective s-ar putea întocmi la mașinile de calcul, însă acest lucru nu pare interesant cînd este vorba de probleme limitate privind alimentarea unui consumator, instalarea unei centrale etc., însă devine interesant în momentul în care cuprinde un sistem energetic regional sau sistemul național, cînd pot fi urmărite influențele diverselor elemente constructive, care în acest caz devin de importanță mai mare (analiza prețurilor, procurare de materiale etc.). Automatizarea calculelor în acest caz ar putea schimba oarecum calitativ problema, însă nu acesta este obiectivul principal al folosirii metodelor moderne.

2. Metode moderne de calcul ținînd seamă de posibilitățile mașinilor electronice, introducerea calculului probabilităților și a noțiunii de calitate

Găsirea soluției optime privind stările succesive de dezvoltare a configurației rețelelor

Tabela 1

Calculul tehnico-economic privind alegerea soluției pentru alimentarea cu energie electrică a zonei *S*. Calculul cheltuielilor anuale de calcul

	Soluția 1					Soluția 2			
	Anul	1	2		*n*	1	2		*n*
			10^6 lei				10^6 lei		
Investiții									
a) *Linii*									
Linia electrică 1									
Linia electrică 2									
Linia electrică *n*									
Total investiții anuale linii									
Total investiții linii cumulate									
b) *Stații*									
Stația 1									
Stația 2									
Stația *n*									
Total investiții anuale stații									
Total investiții stații cumulate									
Total investiții anuale									
Total investiții cumulate									
Pierderi de putere în rețelele sistemului, MW									
Pierderi de energie în rețelele sistemului, 10^6 kWh									
Total investiții raportate									
Investiții pentru echivalarea puterii									
Investiții pentru deschiderea de mine									
Total investiții raportate + investiții echivalente + + deschideri de mine									
Cheltuieli anuale									
Cota întreținere și amortizare linii și stații									
Costul pierderilor de energie									
Total cheltuieli anuale									
Cheltuieli anuale raportate									
Total cheltuieli anuale raportate									
Cheltuieli anuale anul *n*									
Cheltuieli anuale de echivalare pentru diverse soluții									
Venituri anuale									
Cheltuieli anuale de calcul *Z*									

pentru o etapă de studiu mai îndelungată se face pe baza a două criterii :

— preț minim al energiei pentru alimentarea consumatorilor dați în timp ;

— evoluția optimală a rețelei pe baza speranței matematice minime asupra nerealizării elementelor aleatorii, în primul rînd evoluția consumatorilor [3], [4].

Remarcăm că aceste calcule trebuie refăcute de cîte ori apare un consum important neprevăzut și pe măsură ce datele incerte de viitor devin certe.

Se observă că o soluție de perspectivă este cu atît mai bună cu cît este mai elastică, putîndu-se adapta la asemenea gen de variații.

Pentru aceste calcule se folosește teoria jocurilor, care pînă în prezent și-a găsit aplicații mai mult în probleme militare. Se știe că în această teorie, gradul de informare joacă un mare rol, problemele putînd fi împărțite, din acest punct de vedere, în două grupe :

— jocuri de informare perfectă (șah, dame etc.) ;

— jocuri de informare imperfectă (pocker, bridge etc.).

Acestea, la rîndul lor, sînt conduse de legi statistice care le delimitează mai mult sau mai puțin rezolvarea, de exemplu eroarea de distribuție. În această categorie intră și calculele de planificare a rețelelor, în care noțiunea de strategie din teoria jocurilor are un rol important.

Reamintim că strategia însumează un plan complet de mișcări pentru tot timpul jocului, ținînd seamă de orice situație posibilă care poate apărea ca rezultat al informării imperfecte. Mișcarea este un punct din joc realizat de un partener, jocul fiind seria de mișcări a mai multor parteneri care urmăresc o anumită recompensă.

Regulile jocului stabilesc legalitatea jocurilor și recompensa.

Spre deosebire de limbajul obișnuit în care se urmărește un plan „iscusit'', în teoria jocului se urmărește un plan complet care poate avea două obiective :

— aflarea strategiei optime pentru unul sau mai mulți parteneri, în care „optim'' înseamnă acordarea recompensei așteptate ;

— determinarea valorii recompensei, dacă partenerul folosește strategia optimă.

Ce înseamnă aceste lucruri în limbajul studiului rețelelor? Aflarea unei succesiuni optime de stări succesive ale rețelei care să permită ajungerea la sfîrșitul perioadei alese pentru durata studiului.

Dacă una din strategiile posibile este optimă sau nu, depinde de realizarea celor două condiții arătate (preț minim de energie, speranță matematică minimă).

Calea practică de aflare a strategiilor optime pentru a reduce numărul considerabil de variante posibile face ca la alegerea lor să se procedeze la anumite compromisuri care se află între soluțiile matematice posibile și arta de alegere a proiectantului.

La mașinile electronice se fac atît calcule electrotehnice cît și calcule economice, după cum se va arăta mai departe (vezi fig. 4).

Să reamintim pe scurt mersul general al studiului :

— Se pleacă de la analiza evoluției consumurilor ținînd seamă de starea actuală (pe cît posibil pe bază de înregistrări), de previziuni, în care se apelează și la calculul probabilităților.

— Se stabilește o politică generală de urmat, urmărindu-se separarea pe cît posibil a problemei, de exemplu pe tensiuni, în care punctele de consum dintr-o tensiune superioară devin puncte de alimentare pentru tensiunile inferioare (fig. 2).

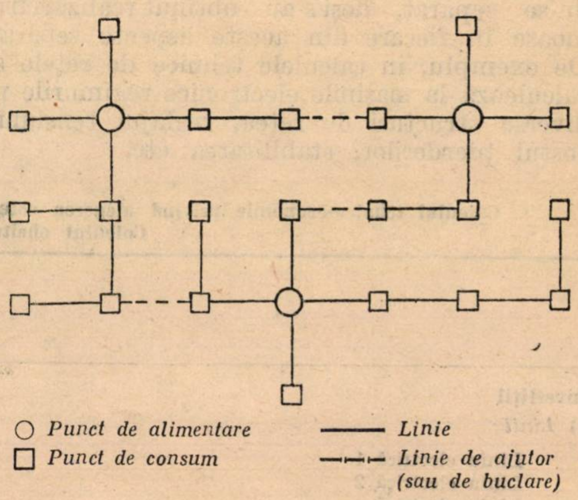


Fig. 2. Exemplu de determinare a unei strategii de rețea.

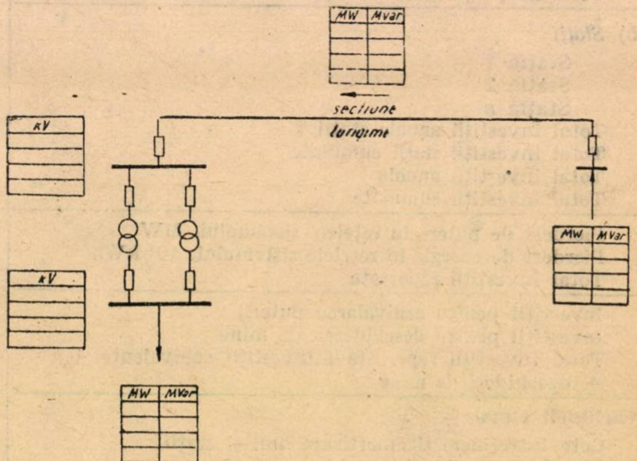


Fig. 3. Elemente din descrierea tehnică.

Se separă, la început, de asemenea, problema amplasării centralelor, care se consideră cunoscută, de problema configurației rețelelor, deși acestea se influențează reciproc.

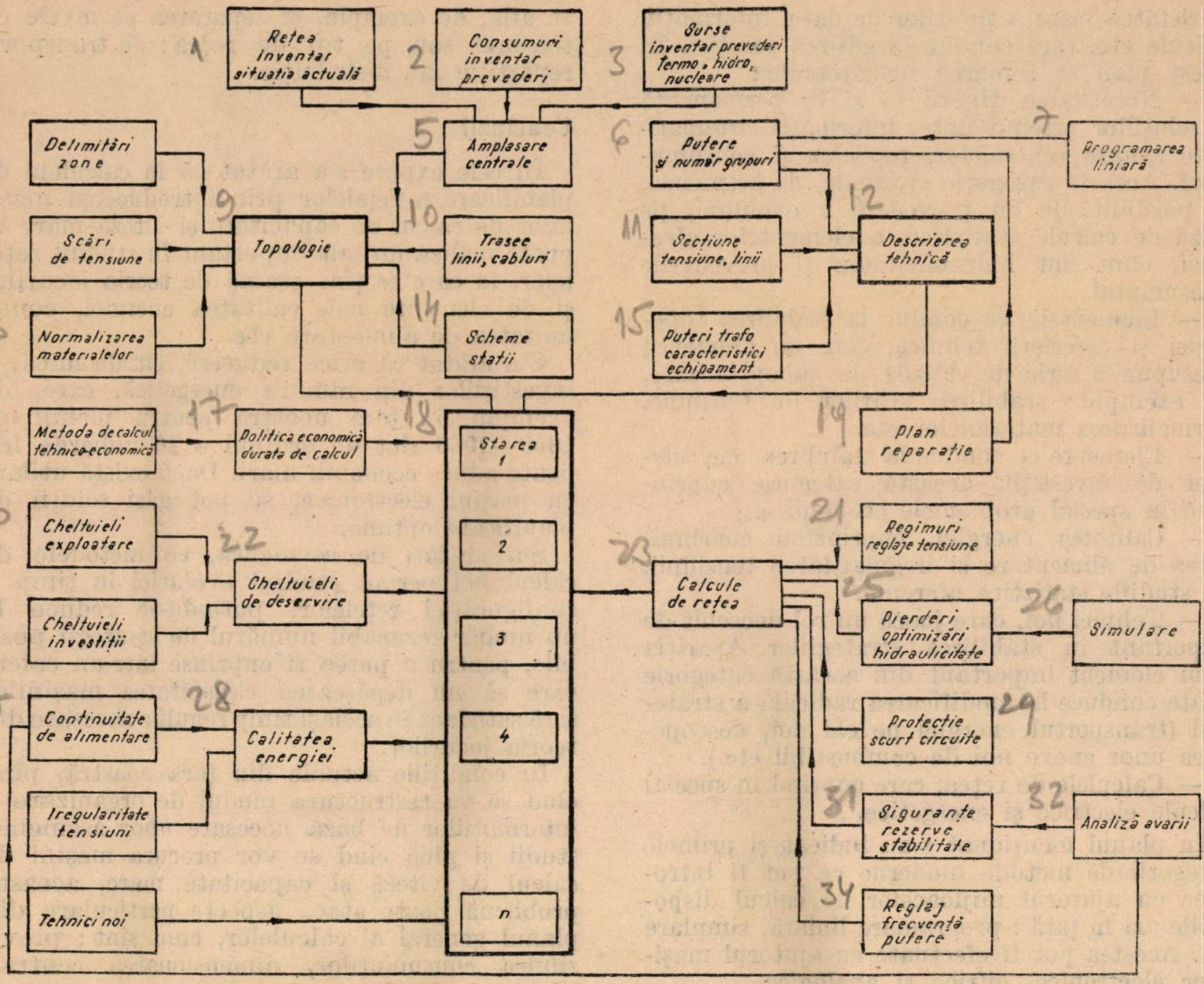

Rețea inventar situația actuală
1
2
Consumuri inventar prevederi
3
Surse inventar prevederi termo, hidro, nucleare
4
Delimitări zone
5
Amplasare centrale
6
Putere și număr grupuri
7
Programarea liniară
8
Scări de tensiune
9
Topologie
10
Trasee linii, cabluri
11
Secțiune tensiune, linii
12
Descrierea tehnică
13
Normalizarea materialelor
14
Scheme stații
15
Puteri trafo caracteristici echipament
16
Metoda de calcul tehnico-economică
17
Politica economică durata de calcul
18
Starea 1
2
19
Plan reparație
20
Cheltuieli exploatare
21
Regimuri reglaje tensiune
22
Cheltuieli de deservire
23
Calcule de rețea
24
Cheltuieli investiții
25
Pierderi optimizări hidraulicitate
26
Simulare
27
Continuitate de alimentare
28
Calitatea energiei
3
4
29
Protecție scurt circuite
30
Iregularitate tensiuni
31
Siguranțe rezerve stabilitate
32
Analiză avarii
33
Tehnici noi
n
34
Reglaj frecvență putere

Fig. 4. Planul general al calculelor.

Se stabilește durata studiului pe baza unor considerente de ordin general, în care se ține seamă de posibilitățile și condițiile financiare pentru investiții, uzura morală a echipamentului etc. Această durată este în general mai scurtă pentru rețele și mai lungă pentru centrale, fiind cuprinsă în general între 5 și 25 ani pentru rețele (Franța 20—30 ani, U.R.S.S. 10—15 ani, S.U.A. 20 ani etc.).

Plecînd de la aceasta, se stabilește :

— Topologia ansamblurilor de linii și stații pe considerente geografice plecînd de la puncte de injecție existente sau de construit, considerate ca origine a rețelelor studiate și de la ansamblul unor puncte de sarcină date.

— Descrierea tehnică a rețelei, care cuprinde un inventar detaliat al fiecărui element (secțiunea liniilor, puterea transformatoarelor, elemente de schemă etc.) și a condițiilor de exploatare (tensiuni, scheme de funcționare reale etc.). Remarcăm că pentru a ajunge la această descriere tehnică este necesară o serie de calcule la mașinile electronice asupra regimurilor de funcționare, reglajului de tensiuni, puterilor de scurtcircuit etc.

Prin topologia și descrierea tehnică, luate împreună, s-a definit starea unei rețele.

Se stabilește o serie de stări succesive ale rețelei, adică o strategie.

Pentru a se stabili diversele strategii într-un număr cît mai limitat, se procedează la anumite suboptimizări pe baza unor considerații mai limitate, dintre care se menționează : determinarea naturii reglajului de tensiune în cadrul unei anumite topologii sau o noțiune introdusă în ultima vreme, determinarea datei de schimbare a unei topologii.

Dacă se ține seamă și de stabilirea unei succesiuni coerente a diverselor stări și de eliminarea unor strategii evident nesatisfăcătoare, se poate reduce numărul strategiilor astfel ca să se poată proceda la un calcul real.

În figura 4 se arată un plan general de determinare a strategiilor, din care rezultă varietatea mare a tipurilor de date, informații, calcule etc. care conduc la găsirea soluției. În acest plan se remarcă următoarele:

— Necesitatea ținerii la zi în permanență a soluțiilor privind date, informații sistematizate asupra centralelor, rețelelor și consumurilor. Această categorie cuprinde, de asemenea, și posibilitățile de prevedere a evoluției, pe bază de calcule statistice, a elementelor aleatorii, cum sînt hidraulicitatea și prevederile consumului.

— Elementele ce conduc la stabilirea topologiei și descrierii tehnice, care de asemenea presupun o serie de calcule de suboptimizare, de exemplu: stabilirea scărilor de tensiune, normalizarea materialelor etc.

— Elemente ce conduc la stabilirea cheltuielilor de investiții, această categorie cuprinzînd în special problemele economice.

— Calitatea energiei, cuprinzînd continuitatea de alimentare și iregularitatea tensiunii, cu studiile statistice aferente.

— Tehnici noi, care joacă un rol deosebit de important în stabilirea strategiilor. Apariția unui element important din această categorie poate conduce la modificarea radicală a strategiei (transportul energiei pe căi noi, descoperirea unor anexe noi de combustibil etc.).

— Calculele de rețea, care cuprind în special calcule electrice și energetice.

În planul menționat s-au indicat și primele categorii de metode moderne ce pot fi introduse cu ajutorul mijloacelor de calcul disponibile azi în țară: programare liniară, simulare etc. Acestea pot fi efectuate cu ajutorul mașinilor electronice, cifrice și analogice.

În concluzie, se constată că poate fi ,,găsită'' o soluție de compromis între numărul ce tinde spre infinit al variantelor posibile, după cum ar cere tratarea matematică a problemei, și reducerea lor pe considerentele arătate, pentru a stabili un număr de variante ce pot fi tratate cu ajutorul mașinilor de calcul mari și să satisfacă totuși cerințele matematice ale teoriei jocurilor.

În această expunere, destul de sumară, nu s-au putut include toate aspectele, nici măcar cele mai generale ale problemei, în special în privința folosirii mașinilor electronice de calcul.

Pe măsura dezvoltării mașinilor electronice, ca viteză și capacitate, domeniul de studiu poate fi extins și se poate ține seamă de întrepătrunderea anumitor elemente care, din necesități de calcul, au fost separate. Ne referim în special la separarea amplasării centralelor de configurația rețelelor, care pentru probleme concrete prezintă importanță. În aceeași situație se află, de exemplu, și separarea pe nivele de tensiuni sau pe tip de rețea: de transport, repartiție sau distribuție.

Concluzii

În cele expuse s-a arătat că în calculele de planificare a rețelelor prin introducerea mașinilor de calcul de capacitate și viteză mare se poate realiza un salt important în studiul rețelelor, în care se ține seamă de teoria jocurilor și de elemente noi, calitatea energiei, continuitatea de alimentare etc.

S-a arătat că orice reducere, cît de mică, a investițiilor din ramura energetică, care, de exemplu, în țara noastră pentru planul pe 1960—1965 sînt de ordinul a 10 miliarde lei, poate aduce economii mari. Dacă există utilare cu mașini electronice, se pot găsi soluții de planificare optimă.

S-a arătat, de asemenea, că metodele de calcul noi permit studiul evoluției în timp a configurației rețelelor, putîndu-se reduce la un număr rezonabil numărul de strategii posibile, pentru a putea fi cuprinse într-un calcul care să nu depășească capacitatea mașinilor și să satisfacă în același timp regulile necesare din teoria jocurilor.

În condițiile actuale din țara noastră, pînă cînd se va restructura modul de organizare a informațiilor de bază necesare unor asemenea studii și pînă cînd se vor procura mașini de calcul de viteză și capacitate mare, această problemă poate ataca aspecte particulare din planul general al calculelor, cum sînt: previziunea consumurilor, dimensionarea centralelor, calcule electrotehnice etc.

În lume, în momentul de față asistăm la o concretizare a diverselor aspecte, la introducerea metodelor noi de calcul, asupra cărora vom reveni în viitor.

Bibliografie

[1] * * * *Directivele Congresului al III-lea al P.M.R.* Editura politică, 1960.

[2] * * * *Instrucțiuni pentru întocmirea calculelor comparative tehnico-economice privind instalații de producere și transport de energie electrică și de căldură sub formă de abur și apă caldă.* ICSE 1962.

[3] Siroux, J., Gaussens, P., Pardigon, J. M., Carpentier, J., Augès, P. și Mestres, C. *Application des machines arithmétiques à l'étude et à l'exploitation des réseaux de transport.* Raport CIGRE — 1964.

[4] Sels, H. V., Werts, R. W., Van Nostrand, E. S. și Fisk, W. *Planning regional de coordination des très hautes tensions.* Raport CIGRE — 1964.

[5] Zaharov, S. W. și Voog, L. A. *Metode de evaluări economice în energetică.* GEI 1962.

[6] Massé, P. *Le choix des investissements.* Ed. Dunod — Paris, 1958.

Repartiția optimă a puterilor între centrale

Influența diverselor moduri de considerare a pierderilor din rețele

Ing. **F. Manea**, ing. **S. Ionescu** și ing. **D. Popescu**

Dezvoltarea sistemelor energetice atît sub aspectul creșterii puterii și energiei produse cît și al întinderii rețelei electrice de transport și distribuție a făcut ca problema funcționării optime economic să aibă o importanță practică deosebită.

Deși repartiția optimă a sarcinilor între centrale este determinată în cea mai mare măsură de caracteristicile economice ale acestora, considerarea influenței pierderilor din rețea constituie o problemă importantă. Aceasta se datorește faptului că prin simpla programare a repartiției puterilor în sistem se pot realiza economii apreciabile.

În cele ce urmează se urmărește analiza unor ipoteze de calcul și a influenței lor asupra factorilor de penalitate sau a derivatei pierderilor de putere din rețea.

Dintre acestea se menționează :

1. Considerarea ecuațiilor complete de stare ale sistemului și simplificarea formulelor de calcul al derivatelor pierderilor de putere.
2. Considerarea modulelor și argumentelor tensiunilor variabile sau constante (fixarea unor coordonate).
3. Alegerea nodului de referință și a nodului de echilibru.
4. Folosirea rețelelor echivalente cu conformitatea curenților sau a impedanțelor.
5. Considerarea unor dependențe între puterile active și reactive ale centralelor.

Analiza diverselor ipoteze se va efectua fie pe baza ecuațiilor de stare complete, fie pe baza ecuațiilor practice reduse.

Deoarece ecuațiile ce conțin influența pierderilor din rețele asupra repartiției economice au forme complexe, se vor adopta scheme tipice simplificate pentru exemplificarea unor calcule.

Condițiile generale de optim al repartiției economice

Notăm prin : F_i consumul de combustibil (sau prețul de cost) al unei centrale oarecare, prin P_i, respectiv Q_i, puterile active și reactive injectate într-un nod al rețelei, prin U_i și δ_i valoarea tensiunii, respectiv a unghiului vectorului tensiune din nod și prin Y_{ik}, G_{ik}, B_{ik} valorile admitanțelor, conductanțelor și susceptanțelor ramurilor de legătură cu alte noduri (indice k). Se pune problema determinării minimului funcției $F = \sum_i F_i$ în condițiile relațiilor de legătură oferite de către ecuațiile de regim ale rețelei. Dacă rețeaua posedă $n + 1$ noduri, ecuațiile de echilibru ale puterilor active și reactive se scriu sub forma cunoscută :

$$P_i = U_i^2\, G_{ii} + \sum_k U_i\, U_k\, Y_{ik} \sin\,(\delta_{ik} - \alpha_{ik})$$

$$Q_i = U_i^2\, B_{ii} - \sum_k U_i\, U_k\, Y_{ik} \cos\,(\delta_{ik} - \alpha_{ik})$$

Tensiunea U_0 a unui nod (indice 0), denumit nod de referință, determină nivelul general al tensiunilor și se consideră fixă (impusă).

Dacă se dau injecțiile de putere activă și reactivă (diferența dintre puterea generată și consumată) în cele n noduri, exclusiv nodul de referință pentru care în general se impune valoarea tensiunii, sistemul anterior de ecuații permite determinarea regimului rețelei (modulele și argumentele celor n tensiuni).

De aceea ecuațiile sînt denumite ecuații de regim. Consumul de combustibil F_i este o funcție care variază direct numai cu puterile active ale centralelor care au putere repartizabilă (numărul lor îl notăm cu G).

Se poate arăta că în condițiile de repartiție optimă nu intervin direct ecuațiile de echilibru ale puterilor reactive generate, dar intervine în plus ecuația de echilibru a puterii active din nodul de echilibru dacă acesta conține o centrală cu putere repartizabilă, precum și ecuațiile de echilibru ale puterilor reactive din nodurile consumatoare.

Prin urmare, repartiția optimă se va determina prin metoda multiplicatorilor lui Lagrange formînd funcția auxiliară $\mathcal{L}$:

$$\mathcal{L} = \sum_{i=0}^{G-1} F_i + \sum_{i=0}^{n} \lambda_i \Big[P_i - G_{ii}\, U_i^2 - \\ - \sum_k U_i\, U_k\, Y_{ik} \sin\,(\delta_{ik} - \alpha_{ik}) \Big] + \\ + \sum_{j=1}^{n-G} \mu_j \Big[Q_j - B_{jj} U_j^2 + \sum_k U_j U_k Y_{jk} \cos\,(\delta_{jk} - \alpha_{jk}) \Big]$$

și efectuînd derivatele parțiale în raport cu variabilele P_i, δ_{ik}, U_i, δ_{jk}, U_j ; se obțin astfel $2n + G$ ecuații suplimentare care conțin pe lîngă cele $2n + G$ necunoscute (P_i, U_i, U_j, δ_{jk}, δ_{ik}) un număr de parametri nedeterminați (λ_i, μ_j). Se asociază cele $n + 1$ ecuații de regim ale puterilor active din noduri, precum și cele $n - G$ ecuații ale puterilor reactive din nodurile consumatoare, problema fiind astfel determinată (numărul de ecuații egal cu numărul necunoscutelor). Ulterior, se pot determina și injecțiile de putere reactivă (Q_i) din toate nodurile generatoare ale rețelei pe baza ecuațiilor de echilibru al puterilor reactive (G ecuații).

Problema pusă sub acest aspect general permite o tratare riguroasă. Soluționarea este însă greoaie. De aceea se folosesc expresii ale pierderilor de puteri în care intervin cu contribuție esențială puterile active și reactive ca funcții pătratice, dar care mai conțin și unele mărimi auxiliare ca unghiuri și tensiuni ce se presupun constante (la efectuarea derivatelor). Metoda devenită clasică, a coeficienților B, se bazează pe rețele echivalente deduse în ipoteza unor ,,conformități'' ale curenților sau impedanțelor de sarcină.

Impunînd relații de proporționalitate și între puterile active și cele reactive, se obțin expresii pătratice ale pierderilor de putere ca funcții de puterile active ale centralelor. În acest fel, expresia pierderilor de putere este simplificată foarte mult, ceea ce prezintă importanță practică.

Numeroase preocupări s-au orientat către examinarea schimbării valorii pierderilor de putere la schimbarea regimului sistemului (conform curbei de sarcină). S-a ajuns la concluzia că schimbările de regim nu influențează esențial formulele practice de calcul al pierderilor în condițiile ipotezelor simplificatoare.

Sînt puține preocupările de analiză a ipotezelor simplificatoare și mai ales a influenței acestor ipoteze asupra valorilor derivatelor pierderilor ce intervin în condițiile de repartiție economică. De aceea vom deosebi, în cele ce urmează, condițiile ,,variațiilor locale'' determinate de ecuațiile de stare ale sistemului pentru un anumit regim de funcționare (cînd variațiile sînt pur matematice și servesc la constatarea extremului) de condițiile variațiilor de regim (finite și fizice).

Pentru compararea diverselor cazuri vom folosi și exemple tipice simple. Acestea permit obținerea unor expresii analitice explicite la care se poate observa ușor influența diverșilor termeni. Exemplele numerice efectuate conduc totodată la concluzii orientative.

Expresia pierderilor de puteri și a derivatei acesteia ce interesează la calculul repartiției economice

În cele ce urmează se propune o expresie a pierderilor de putere ca funcție pătratică a tuturor puterilor active și reactive injectate în nodurile unei rețele fără a introduce ipoteze de conformitate și proporționalitate între puterile active și reactive.

Expresia se va folosi la determinarea derivatelor pierderilor de putere în raport cu puterile generate. După efectuarea derivatelor s-au introdus ipoteze de conformitate care permit simplificarea expresiei. Acest procedeu prezintă unele avantaje menționate ulterior.

Expresia căutată se poate obține în mod simplu dacă se folosește matricea de impedanțe (proprii și de transfer) ale rețelei.

În acest caz, tensiunile nodurilor $\underline{V}_i$ ale unei rețele, în raport cu tensiunea unui nod de referință arbitrar, se exprimă ca o funcție liniară a curenților injectați $\underline{I}_k$ în nodurile rețelei, sub forma :

$$\underline{V}_i = \sum_k \underline{Z}_{ik} \cdot \underline{I}_k .$$

Coeficienții $\underline{Z}_{ik}$ sînt impedanțele proprii $(i = k)$ și reciproce $(i \neq k)$ ale rețelei.

Cu ajutorul tensiunilor $\underline{V}_i$ și curenților injectați în nodurile corespunzătoare $\underline{I}_i = I_i^x + j\, I_i^y$, pierderile de putere se pot exprima cu ajutorul relației :

$$\underline{S} = p + jq = \sum_i \underline{V}_i \underline{I}_i^* = \sum_{i,k} \underline{Z}_{ik} \cdot \underline{I}_k \cdot \underline{I}_i^* =$$

$$= \sum_{i,k} (R_{ik} + j\, X_{ik}) \, [I_k^x I_i^x + I_k^y I_i^y +$$

$$+ j(I_i^y I_k^x - I_k^y \cdot I_i^x)]$$

S-au notat, prin I^x, respectiv I^y, componentele de pe axa reală, respectiv imaginară, a curentului complex $\underline{I} = I^x + j\, I^y$.

Pierderile de putere activă vor avea deci expresia :

$$p = \sum_{i,k} R_{ik} \, Re(\underline{I}_k \underline{I}_i^x) = \sum_{i,k} R_{ik} (I_i^x I_k^x + I_i^y I_k^y),$$

iar cele de putere reactivă, expresia :

$$q = \sum_{k,i} X_{ik} \, Re(\underline{I}_i \underline{I}_k^*) = \sum_{i,k} X_{ik} (I_i^x I_k^x + I_i^y I_k^y).$$

S-a notat prin Re partea reală a expresiei precedente.

La calculul cu ajutorul coeficienților B ai repartiției puterilor trebuie să exprimăm curenții injectați în noduri cu ajutorul puterilor și tensiunilor, în forma $\underline{I}_i = \frac{\underline{S}_i^*}{\underline{U}_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{U_i} \underline{|\delta_i}.$

S-a notat prin $\underline{S}_i = P_i + j\, Q_i$ puterea aparentă complexă, iar prin $\underline{U}_i = U_i \underline{|\delta_i}$ tensiunea nodului respectiv față de neutru. Expresia anterioară a pierderilor va avea, după substituirea curenților, forma următoare :

$$p = \sum_{i,k} R_{ik} \left[\frac{P_i P_k + Q_i Q_k}{U_i U_k} \cos\ \delta_{ik} + \right.$$

$$\left. + \frac{Q_i P_k - P_i Q_k}{U_i U_k} \sin\ \delta_{ik} \right]$$

$$q = \sum_{i,k} X_{ik} \left[\frac{P_i P_k + Q_i Q_k}{U_i U_k} \cos\ \delta_{ik} + \right.$$

$$\left. + \frac{Q_i P_k - P_i Q_k}{U_i U_k} \sin\ \delta_{ik} \right]$$

Dacă se analizează influența unghiurilor δ_{ik} asupra pierderilor de putere pentru cazul concret al unui sistem energetic, în majoritatea cazurilor termenii ce conțin sin δ_{ik} se compensează în cadrul sumei și deci pot fi neglijați.

Considerarea puterilor active și reactive ale consumatorilor ,,conforme'' (proporționale sau mai exact liniar variabile) cu puterile curbei de sarcină a întregului sistem, a puterilor reactive ca proporționale cu cele active, a unghiurilor δ_i și δ_k și a tensiunilor (U_i și U_k) drept mărimi constante, conduce la expresia pătratică a pierderilor de putere ca funcție de puterile generate, cunoscută:

$$p = \sum_{m,n} B_{mn} P_m P_n + \sum_n B_n P_n + P_0.$$

Alte formule de pierderi (Kron-Kirchmayer) se bazează pe determinarea unor rețele echivalente obținute în ipoteza ,,conformității'' curenților de sarcină.

Adoptarea unor ipoteze de conformitate nu a curenților, ci a puterilor consumatorilor (active și reactive în raport cu puterea generată activă și reactivă totală) nu mai necesită determinarea unei scheme echivalente, simplificînd problema calculului coeficienților de pierderi. Această ipoteză este însă aplicată nu înainte de efectuarea derivatei, ci după efectuarea ei. Într-adevăr, conformitatea aparține schimbării fizice a regimului și nu trebuie considerată ca ecuație de stare în condițiile variațiilor locale de determinare a extremului.

Aproximația introdusă de ipoteza conformității sarcinilor este însă de aceeași natură ca și cea introdusă de schimbarea nodului de echilibru. În condițiile nodului de echilibru concentrat, o variație ,,locală'' a puterii unei centrale este preluată de nodul de echilibru. În condițiile conformității sarcinii, o variație ,,locală'' a puterii unei centrale este preluată conform, de toate nodurile cu sarcini. De aceea vom denumi acest caz sistem cu nod de echilibru difuz. Formulele derivatelor pierderilor de putere vor conține coeficienți mai ușor de calculat dacă ipoteza conformității se va introduce după efectuarea derivatelor, și nu înainte.

De aceea s-a ales această cale.

Efectuarea derivatelor parțiale ale pierderilor de putere activă în raport cu puterile active și reactive conduce la expresii de forma:

$$\frac{\partial p}{\partial P_i} \simeq 2 \sum_k \frac{R_{ik} \cos \delta_{ik}}{U_i U_k} P_k$$

$$\frac{\partial p}{\partial Q_i} \simeq 2 \sum_k \frac{R_{ik} \cos \delta_{ik}}{U_i U_k} Q_k.$$

Indicii i se referă numai la noduri generatoare cu sarcină repartizabilă, iar indicii k atît la noduri cu sarcină impusă cît și repartizabilă.

Examinarea unor curbe de sarcină ale sistemului energetic a condus la concluzia posibilității adoptării unei conformități de tip liniar, separat pentru puterea activă și separat pentru cea reactivă.

$$P_c = P_c^0 + l_c' \sum_g P_g$$

$$Q_c = Q_c^0 + l_c'' \sum_g Q_g.$$

Indicii c se referă la consumatori, iar indicii g la generatori. Cu acestea, expresia derivatelor ia forma practică:

$$\frac{\partial_p}{\partial P_i} = \frac{2}{U_i} \sum_g \left(\frac{R_{ig} \cos \delta_{ig}}{U_g} + \sum_c \frac{R_{ic} \cos \delta_{ic}}{U_c} l_c' \right) P_g +$$

$$+ \frac{2}{U_i} \sum_c \frac{R_{ic}}{U_c} \cos \delta_{ic} \cdot P_c^0 \equiv 2 \sum_g B_{ig} P_g + B_0.$$

$$\frac{\partial_p}{\partial Q_i} = 2 \sum_g{}' \left(\frac{R_{ig}}{U_i U_g} \cos \delta_{ig} + \sum_c \frac{R_{ic}}{U_i U_c} \cos \delta_{ig} \cdot l_c'' \right) Q_g +$$

$$+ 2 \sum_c \frac{R_{ic}}{U_i U_c} \cos \delta_{ic} \cdot Q_c^0 \equiv 2 \sum_g C_{ig} \cdot Q_g + C_0.$$

S-a notat:

$$B_{ig} = \frac{R_{ig}}{U_i U_g} \cos \delta_{ig} + \sum_c l_c' \frac{R_{ic}}{U_i U_c} \cos \delta_{ic};$$

$$B_0 = 2 \sum_c \frac{R_{ic}}{U_i U_c} \cos \delta_{ic} \cdot P_c^0$$

$$C_{ig} = \frac{R_{ig}}{U_i U_g} \cos \delta_{ig} + \sum_c l_c'' \frac{R_{ic}}{U_i U_c} \cos \delta_{ic};$$

$$C_0 = 2 \sum_c \frac{R_{ic}}{U_i U_c} \cos \delta_{ic} \cdot Q_c^0.$$

Aceste expresii sînt comode la calculul operativ (cu ajutorul calculatorului cifric) al repartiției optime a puterilor.

Condițiile exacte și aproximative ale repartiției optime pentru o schemă tipică simplă

Considerăm cazul a două centrale cu consumatori locali, interconectate printr-o linie de legătură (fig. 1).

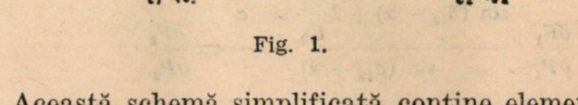


Fig. 1.

Această schemă simplificată conține elementele esențiale ale transportului de energie de la generatoare spre receptoare. Ea permite obținerea unor expresii de calcul simple, explicite, din care să se poată observa influența calitativă și orientativ cantitativă (ca ordin de mărime) a unor ipoteze și mărimi ce interesează în analiza condițiilor de repartiție optimă.

Ecuațiile de regim ale sistemului sînt următoarele :

$$\eta_1 \equiv -P_1 + U_1^2 G_{11} + U_1 U_2 Y_{12} \sin(\delta_{12} - \alpha) = 0$$

$$\eta_2 \equiv -P_2 + U_2^2 G_{22} + U_1 U_2 Y_{12} \sin(\delta_{21} - \alpha) = 0$$

$$\eta_3 \equiv -Q_1 + U_1^2 B_{11} - U_1 U_2 Y_{12} \cos(\delta_{12} - \alpha) = 0$$

$$\eta_4 \equiv -Q_2 + U_2^2 B_{22} - U_1 U_2 Y_{21} \cos(\delta_{21} - \alpha) = 0.$$

Se consideră nodul 2 ca nod de referință și nod de echilibru. Ecuația η_4 trebuie eliminată deoarece puterea reactivă Q_2 trebuie să asigure menținerea valorii constante pentru tensiunea U_2 (fixarea unei variabile impune eliminarea unei ecuații).

Pentru determinarea condițiilor de extrem se formează funcția auxiliară a lui Lagrange $\mathcal{L}$, însumînd la ecuația funcției consumului de combustibil ecuațiile de regim înmulțite cu multiplicatori nedeterminați λ_i.

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = F_1 + F_2 + \lambda_1'[-P_1 + G_{11} U_1^2 + \\ + U_1 U_2 Y_{12} \sin(\delta_{12} - \alpha)] + \lambda_2'[-P_2 + \\ + G_{22} U_2^2 + U_1 U_2 Y_{12} \sin(\delta_{21} - \alpha)] + \\ + \lambda_1''[-Q_1 + B_{11} U_1^2 - U_1 U_2 Y_{12} \cos(\delta_{12} - \alpha)]. \end{aligned}$$

Anularea derivatelor parțiale în raport cu variabilele P_1, P_2, Q_1, δ_{12} U_1 conduce la ecuații suplimentare :

$$\frac{\partial F_1}{\partial P_1} - \lambda_1' = 0 ; \quad \lambda_1' \cos(\delta_{12} - \alpha) - \lambda_2' \cos(\delta_{21} - \alpha) + \\ + \lambda_1'' \sin(\delta_{12} - \alpha) = 0$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial P_2} - \lambda_2' = 0 ; \quad \lambda_1'[2 U_1 G_{11} + U_2 Y_{12} \sin(\delta_{12} - \alpha) + \\ + \lambda_2' U_2 Y_{12} \sin(\delta_{21} - \alpha) + \\ + \lambda_1''[2 U_1 B_{11} - U_2 Y_{12} \cos(\delta_{12} - \alpha)] = 0.$$

$$-\lambda_1'' = 0$$

Eliminarea parametrilor λ_i ne oferă condițiile de extrem al consumului de combustibil, ce se pot exprima sub forma următoare :

$$\frac{\partial F_1}{\partial P_1} \frac{\cos(\delta_{12} - \alpha)}{\cos(\delta_{21} - \alpha)} \equiv \frac{\partial F_1}{\partial P_1} \cdot \frac{1}{1 - \frac{2 \sin\alpha \sin\delta_{12}}{\cos(\delta_{12} - \alpha)}} = \frac{\partial F_2}{\partial P_2}$$

$$\frac{\partial F_1}{\partial P_1} \frac{\sin(\delta_{12} - \alpha) + 2\frac{U_1}{U_2}\sin\alpha}{\sin(\delta_{12} + \alpha)} = \frac{\partial F_2}{\partial P_2}.$$

Puterea reactivă Q_1 nu intervine direct în condițiile de repartiție, deoarece parametrul $\lambda_1'' = 0$. Ecuația puterii reactive Q_1 poate fi considerată ca ecuație de determinare a puterii reactive și deci se poate elimina din ecuațiile de regim fără a fi influențate prin aceasta condițiile de extrem.

Cele două condiții de extrem rezultate, împreună cu ecuațiile de regim, permit determinarea completă a regimului optim (U_1, δ_{12}, P_1, P_2, Q_1).

Prima condiție de extrem se obține și în cazul considerării tensiunii U_1 constante (fixarea tensiunii U_1).

Scrisă sub forma

$$\frac{\delta F_1}{\partial P_1} \cos(\delta_{12} - \alpha) = \frac{\delta F_2}{\delta P_2} \cos(\delta_{21} - \alpha)$$

se observă că este independentă de alegerea nodului de referință.

Coeficientul $\frac{\cos(\delta_{12} - \alpha)}{\cos(\delta_{21} - \alpha)}$ reprezintă factorul de penalitate în condițiile tensiunilor constante (în modul).

Cea de-a doua condiție de extrem se obține și în cazul considerării unghiurilor constante (fixarea unghiurilor relative). Ea depinde de alegerea nodului de referință (cu excepția cazului particular $\delta_{12} = \delta_{21} = 0$, $U_1 = U_2$). Deci în cazul general, cînd se consideră atît unghiurile cît și modulele tensiunilor variabile, factorii de penalitate determinați în condițiile fixării tensiunilor trebuie să fie egali cu cei determinați în condițiile fixării unghiurilor, spre a se obține optimul repartiției economice.

Egalitatea celor doi factori de penalitate rezultă după unele transformări trigonometrice simple sub forma echivalentă :

$$U_1 \cos(\delta_{21} - \alpha) = U_2 \cos\alpha.$$

Se remarcă ușor semnificația acestei expresii : puterea reactivă emisă rețelei de nodul de echilibru trebuie să fie nulă în condițiile repartiției optime

$$Q_2 = U_2 \; Y_{12} \, [U_2 \cos\alpha - U_1 \cos(\delta_{21} - \alpha)] = 0.$$

Această condiție poate fi interpretată drept condiție de repartiție optimă a puterilor reactive sau de optimizare a reglajului tensiunilor dacă este asociată condiției de extrem obținută la unghiuri variabile (module de tensiuni constante).

Reluăm problema cazului tipic anterior, efectuînd o schimbare de variabile. Vom elimina unghiul δ_{12}, introducînd în schimb ca nouă variabilă puterea reactivă Q_1. Scriind și ecuația pierderii de putere activă în locul ecuației de echilibru a puterii la nodul 2, se obțin ecuațiile de regim sub forma :

$$(P_1 - G_{11} U_1^2)^2 + (-Q_1 + B_{11} U_1^2) = (Y_{12} U_1 U_2)^2$$

$$P_1 + P_2 - R \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_1^2} = 0.$$

Sub această formă se vor putea evidenția ulterior influențele unor aproximații ce se efectuează în condiții clasice de calcul.

Condiția de extrem, la fixarea tensiunilor în modul rezultă următoarea :

$$\frac{\lambda_1'}{1-2\frac{RP_1}{U_1^2}-2R\frac{Q_1}{U_1^2}\,\frac{P_1-G_{11}U_1^2}{B_{11}U_1^2-Q_1}}\equiv$$

$$\equiv\frac{\lambda_1'}{1-2\frac{RP_1}{U_1^2}-2R\frac{Q_1}{U_1^2}\operatorname{tg}(\delta_{12}-\alpha)}=\lambda_2'.$$

Se poate arăta că această expresie diferă numai formal de cea anterioară, obținută la unghiuri variabile.

Termenul suplimentar $\frac{2RQ_1}{U_1^2}\operatorname{tg}(\delta_{12}-\alpha)$ nu apare dacă se consideră ca ecuație de regim numai ecuația pierderilor de putere, așa cum se procedează în mod clasic. Pentru ca influența acestuia să fie mică, nodul de echilibru trebuie ales un centru consumator al sistemului (față de care vectorii tensiune ai centralelor au unghiuri pozitive, încît $\delta_{12}-\alpha\simeq 0$). Condiția de extrem la fixarea puterii reactive rezultă următoarea :

$$\frac{\lambda_1'}{1-2\frac{RP_1}{U_1^2}-\frac{1}{2}\,\frac{P_1^2+Q_1^2}{U_1^2}\,\frac{R^2+X^2}{U_1^2}\,\frac{1}{\frac{X}{R}\operatorname{ctg}(\delta_{12}-\alpha)-1}}=$$

$$=\lambda_2'.$$

Termenul adițional suplimentar va fi, la fel, neglijabil de mic, dacă nodul de echilibru se alege astfel încît diferența unghiurilor $\delta_{12}-\alpha$ să fie mică.

În acest caz, fixarea puterii reactive sau fixarea modulului tensiunilor conduce la factori de penalitate practic egali cu cei determinați în condițiile simplificatoare de folosire ca ecuație de regim numai aceea a pierderilor de putere activă.

Analiza influenței diverselor ipoteze de calcul asupra factorilor de penalitate

Aprecierea cantitativă a influenței diverselor moduri de considerare a influenței pierderilor asupra factorilor de penalitate s-a făcut pentru schema tipică simplă a două centrale. S-a considerat o linie electrică de 110 kV relativ lungă (125 km), cu impedanța longitudinală $\underline{Z}=25+j50\ \Omega$. Consumatorii locali au puterile $\underline{S}_1==50+j30$ MVA, respectiv $\underline{S}_2=300+j200$ MVA, iar centralele au creșterile relative date de ecuațiile :

$$\frac{dF_1}{dP_1}=0{,}112+0{,}000324.P_1,\ \text{respectiv}\ \frac{dF_2}{dP_2}==0{,}10513+0{,}00149.P_2.$$

a) După fixarea tensiunilor la valorile $U_1==120$ kV, $U_2=90$ kV, s-a calculat regimul optim folosind factorul de penalitate la module de tensiuni constante

$$\pi_{1u}=\frac{\cos(\delta_{12}-\alpha)}{\cos(\delta_{12}+\alpha)}=\frac{1}{1-2\frac{RP_1}{U_1^2}-2R\frac{Q_1}{U_1^2}\operatorname{tg}(\delta_{12}-\alpha)}.$$

Nodul cu tensiunea U_2 s-a luat ca nod de referință.

A rezultat valoarea unghiului optim $\delta_{12}==37°$ și circulațiile de puteri din figura 2.

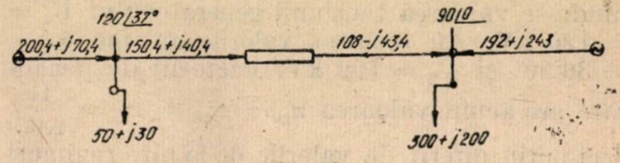


Fig. 2.

Factorul de penalitate al primei centrale a rezultat $\pi_{1u}=\frac{1}{1-\left(\frac{\partial p}{\partial P_1}\right)_{U_1}}=2{,}21=\frac{1}{1-0{,}547}$.

Dacă se neglijează influența termenului

$$2R\frac{Q_1}{U_1^2}\operatorname{tg}(\delta_{12}-\alpha)=0{,}026,$$

rezultă o valoare apropiată de cea precedentă

$$\pi_{1u}=\frac{1}{1-0{,}521}=2{,}09.$$

Dacă se schimbă nodul de referință (se ia nodul 1 ca nod de referință), factorul de penalitate al centralei 2 rezultă :

$$\pi_{2u}=\frac{1}{1-2\frac{RP_2}{U_2^2}-2R\frac{Q_2}{U_2^2}\operatorname{tg}(\delta_{21}-\alpha)}\equiv$$

$$\equiv\frac{\cos(\delta_{21}-\alpha)}{\cos(\delta_{21}+\alpha)}=\frac{1}{\pi_{1u}}=\frac{1}{2{,}21}$$

Contribuția termenului suplimentar este acum importantă, $2R\frac{Q_2}{U_2^2}\operatorname{tg}(\delta_{12}-\alpha)=0{,}525$. Neglijarea sa schimbă mult valoarea factorului de penalitate, $\pi_{2u}^1=\frac{1}{1{,}665}$.

b) Pentru valoarea tensiunii $U_1=130$ kV (U_2 același $=90$ kV) rezultă unghiul optim $\delta_{12}=34°30'$ și circulația de puteri din figura 3.

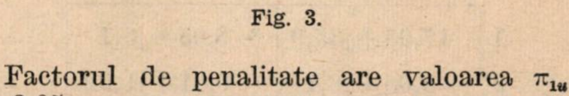


Fig. 3.

Factorul de penalitate are valoarea $\pi_{1u}==2{,}05$.

c) La tensiune de referinţă constantă $U_2 = 90$ kV s-a urmărit optimizarea totală, determinîndu-se valorile optime atît pentru unghiul δ_{12} cît şi pentru tensiunea U_1. Au rezultat valorile : $\delta_{12} = 30°30'$, $U_1 = 148$ kV. Factorul de penalitate al primei centrale la tensiune constantă, unghi constant sau putere reactivă constantă, este acum acelaşi, $\pi_{1u} = \pi_{1\delta_{12}} = \pi_{1Q} = 1{,}84$. Valoarea tensiunii U_1 a rezultat însă cu mult peste cea admisibilă.

d) S-a schimbat nodul de referinţă, impunîndu-se valoarea tensiunii generatorului $U_1 = 120$ kV. Au rezultat valorile optime $\delta_{12} = 36°30'$ şi $U_2 = 109$ kV. Factorul de penalitate are acum valoarea $\pi_{2u} = \pi_{2\delta} = \pi_Q = \frac{1}{2{,}16}$, deci puţin diferit de valorile de la alte regimuri normale.

Prin urmare, dacă se urmăreşte optimizarea totală, este practic avantajoasă alegerea ca nod de referinţă a nodului generator cu tensiunea cea mai ridicată din sistem. Tensiunile celorlalte noduri vor rezulta în acest caz la valori normale.

Optimizarea regimului în ipoteza simplificatoare a modulelor tensiunilor constante (la variaţii locale), pentru valori normale ale acestora, nu diferă mult de optimizarea totală.

Cu alte cuvinte, repartiţia optimă a sarcinilor active nu este esenţial modificată la valorile normale ale tensiunilor de repartiţia sarcinilor reactive. Nodul de referinţă va trebui ales un centru consumator al sistemului energetic spre a se micşora erorile suplimentare.

Pentru cazul unui regim optim, s-a analizat influenţa ipotezelor referitoare la condiţiile de variaţii locale asupra factorilor de penalitate.

S-a considerat cazul tipic al regimului din figura 4.

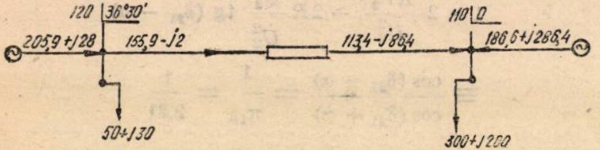


Fig. 4.

S-au calculat matricele de impedanţă ale reţelei echivalente atît în ipotezele conformităţii curenţilor (Kron-Kirchmayer) cît şi a conformităţii impedanţelor (Toalston).

Coeficienţii de conformitate a curenţilor s-au luat numere reale determinate din regimul puterilor active.

Au rezultat valorile impedanţelor din tabela de mai jos :

Expresia pierderilor de putere ca putere consumată în impedanţele schemei echivalente, considerînd injecţiile de curenţi $\underline{I}_1$ şi I_2 în nodurile generatoare, rezultă :

$$p = Re\,[\underline{Z}_{11} I_1^2 + \underline{Z}_{22} I_2^2 + Z_{12}(\underline{I}_2 \underline{I}_1^* + \underline{I}_2^* \underline{I}_1)] =$$

$$= R_{11} \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_1^2} + R_{22} \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} +$$

$$+ 2R_{12} \left[\frac{P_1 P_2 + Q_1 Q_2}{U_1 U_2} \cos \delta_{21} + \frac{P_1 P_2 - P_2 Q_1}{U_1 U_2} \sin \delta_{21} \right].$$

Derivatele parţiale ale pierderilor de putere activă în raport cu puterile active rezultă din expresiile următoare :

$$\frac{\partial p}{\partial P_1} = 2R_{11} \frac{P_1}{U_1^2} + 2 \frac{R_{12}}{U_1 U_2} [P_2 \cos \delta_{21} + Q_2 \sin \delta_{21}]$$

$$\frac{\partial p}{\partial P_1} = 2R_{22} \frac{P_2}{U_1^2} + 2 \frac{R_{12}}{U_1 U_2} [P_1 \cos \delta_{21} + Q_1 \sin \delta_{12}].$$

S-au calculat numeric factorii de penalitate, determinîndu-se cel echivalent al primei centrale.

— Pentru echivalentul cu conformitate de curenţi a rezultat valoarea :

$$\pi_{1c} = \frac{\pi_1}{\pi_2} = \frac{\dfrac{1}{1 - \dfrac{\partial p}{\partial P_1}}}{\dfrac{1}{1 - \dfrac{\partial p}{\partial P_2}}} = \frac{1{,}85}{0{,}94} = 1{,}97 < 2{,}16,$$

iar pentru echivalentul cu conformitate de impedanţă, valoarea :

$$\frac{\pi_1}{\pi_2} = \pi_{1e} = \frac{2{,}14}{0{,}88} = 2{,}43 > 2{,}16.$$

Valorile diferite de cele optime ale factorilor de penalitate se explică tocmai prin condiţiile de variaţie locală alterate introduse de către sistemele echivalente. Ipoteza unei relaţii de proporţionalitate între puterile active şi reactive ale generatoarelor de forma $Q_1 = S_1 P_1$; $Q_2 = S_2 P_2$ conduce la următoarele expresii ale derivatelor pierderii de putere :

$$\frac{\partial_p}{\partial P_1} = 2R_{11} \frac{P_1}{U_1^2} (1 + S_1^2) + \frac{2R_{12}}{U_1 U_2} P_2 [(1 +$$

$$+ S_1 S_2) \cos \delta_{21} + S_2 \sin \delta_{21}]$$

$$\frac{\partial_p}{\partial P_2} = 2R_{22} \frac{P_2}{U_2^2} (1 + S_2^2) + \frac{2R_{12} P_1}{U_1 U_2} [(1 +$$

$$+ S_1 S_2) \cos \delta_{12} + S_1 \sin \delta_{12}].$$

Tabela impedanţelor în ipoteza :

conformităţii curenţilor

	1	2
1	17,95+j35,9	−3,05−j6,1
2	−3,05−j6,1	0,51+j1,02

conformităţii impedanţelor

	1	2
1	19,1+j28,6	−3,88−j5,69
2	−3,88−j5,69	−1,3 −j0,73

Coeficienții S_1 și S_2 pot să schimbe în mare măsură valorile derivatelor și deci ale factorilor de penalitate. Astfel, la factor de putere al generatoarelor de cos $\varphi = 0{,}8$, coeficienții S au valoarea $S = \frac{Q}{P} = \operatorname{tg} \varphi = 0{,}75$ și modifică mult valorile derivatelor. De aceea considerăm că ipoteza unei dependențe liniare între puterile active și reactive trebuie abandonată sau în orice caz examinată cu atenție spre a observa influența sa asupra valorilor derivatelor pierderilor de putere.

Valorile derivatelor pierderilor de putere în raport cu puterea activă sînt în general puțin influențate de valorile puterilor reactive și deci repartiția puterilor reactive nu influențează mult pe aceea a sarcinilor active.

Influența ipotezei conformității sarcinilor asupra factorilor de penalitate o vom examina mai simplu, considerînd derivatele pierderilor de putere ca funcții de puterile active și reactive injectate în noduri.

Considerăm nodul 2 ca nod de referință și nod de echilibru. Expresia pierderilor de putere este în acest caz $p = \frac{R}{U_1^2}(P_1^2 + Q_1^2)$.

Derivatele pierderii de putere în raport cu puterile generate sînt: $\frac{\partial p}{\partial P_{g1}} = \frac{2RP_1}{U_1^2}$; $\frac{\partial p}{\partial P_{g2}} = 0$.

În ipoteza conformității sarcinilor, $P_{c1} = l_1(P_{g1} + P_{g2})$; $P_{c2} = l_2(P_{g1} + P_{g2})$ derivatele au expresiile

$$\frac{\partial p}{\partial P_{g1}} = \frac{2RP_1}{U_1^2}\,\frac{\mathrm{d}P_1}{\mathrm{d}P_{g1}} = -\frac{2RP_1}{U_1^2}l_1;\ \frac{\partial p}{\partial P_{g2}} = -\frac{2RP_1}{U_1^2}l_2.$$

Factorii de penalitate raportați la centrala 1 au valoarea $\pi_1 = \cfrac{1}{1 - \cfrac{\partial p}{\partial P_{g1}}} = 2{,}16$

$$\pi_{1c} = \left(1 - \frac{\partial p}{\partial P_{g2}}\right)\pi_1 = 1{,}93.$$

În cazul nodului 1 ca referință și echilibru, rezultă analog valorile $\pi_2 = \frac{1}{1{,}5}$; $\pi_{2c} = \frac{1}{2{,}4}$.

Prin urmare, ipoteza conformității sarcinilor poate avea o influență sensibilă de modificare a valorilor derivatelor. Pentru simplificarea calculului repartiției economice, conformitatea va putea fi introdusă în relații și după efectuarea derivatelor și nu înainte (în expresia factorilor de penalitate și nu în aceea a pierderilor de putere), așa cum s-a arătat anterior.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Soluția problemei pierderilor în rețelele electrice cu ajutorul echivalentului REI.* Studii și cercetări de energetică nr. 4, 1963.

[2] Marcovici, I. M. *Sisteme energetice. Regimuri de funcționare.* Editura tehnică, București, 1961.

[3] Kirchmayer, L. K. *Economic operation of power systems.* J. Willey, 1958.

[4] Brownlee, W. R. *Coordination of incremental fuel costs and incremental transmission losses by functions of voltage phase angles.* Transactions AIEE, partea a VI-a, iunie 1954.

[5] Early, E. D. *A general transmission loss equation.* Transactions AIEE, iunie 1955.

[6] Fischer, M. J. *Power system economic load allocation using a new equation for transmission losses.* Power Apparatus and Systems, aug. 1960.

[7] Squires, R. B. *Economic dispatch of generation directly from power system voltages and admittances.* Power Apparatus and Systems, febr. 1961.

[8] Sahanov, V. S. *Metod i algoritm vîcisleniia ekonomiceskovo raspredeleniia aktivnîh nagruzok v slojnîh ghidro-teplovîh energosistemah.* Izvestiia Akademii Nauk SSSR. Energhetika i avtomatika, nr. 1, 1960.

[9] Carpentier, I. *Contribution à l'étude du dispatching économique.* B.S.F.E., aug. 1962.

Contribuții la teoria optimizării regimurilor de funcționare a sistemelor energetice

Ing. N. Chirculescu

1. Situația existentă în elaborarea bazelor teoretice ale optimizării regimurilor

În sensul cel mai general, noțiunea de optimizare a regimurilor unui sistem energetic cuprinde complexul de măsuri a cărui realizare în exploatare — pentru instalațiile existente — sau prin proiectare — pentru instalațiile ce urmează să fie construite — conduce la stabilirea unui astfel de regim de funcționare a sistemului care să asigure în limitele unei perioade determinate de timp, T, minimul de cheltuieli pe sistem. Se are în vedere că realizarea acestui regim asigură condițiile de calitate ale energiei electrice furnizate, referitoare la nivelele admisibile ale tensiunii și frecvenței.

Noțiunea de optimizare a regimurilor unui sistem energetic se poate referi la două genuri de activitate inginerească — exploatare și proiectare — pentru care se definesc corespunzător :

1. Optimizarea exploatării, care are în vedere optimizarea regimurilor de funcționare a instalațiilor energetice în funcțiune și care, la rîndul ei, se poate subdivide în :

— optimizarea de scurtă durată, în care T este egal în general cu o zi (optimizarea zilnică) ;

— optimizarea de lungă durată, în care T poate fi egal cu săptămîni, luni și chiar ani, în funcție de duratele de regularizare ale CHE cu acumulare care intră în componența sistemului.

2. Optimizarea dezvoltării electrificării în cadrul căreia, pornind de la structura, configurația rețelelor și amplasamentele instalațiilor energetice în funcțiune ale sistemului dat, se stabilește planul dezvoltării sistemului energetic în perspectivă, astfel ca acoperirea sarcinilor previzibile să asigure soluțiile și regimurile optime de funcționare a sistemului.

Optimizarea de scurtă durată (zilnică), care constituie problema cea mai frecvent întîlnită în calculele de acest gen, comportă la rîndul ei efectuarea următoarelor calcule :

a) repartiția optimă a puterilor active între centralele sistemului ;

b) repartiția optimă a puterilor reactive între diversele surse de putere reactivă (centrale electrice și instalații de compensare) și a tensiunilor ;

c) determinarea graficului zilnic al rezervei de putere corespunzătoare coeficientului de siguranță dat ;

d) repartiția optimă a rezervei de putere, care include și stabilirea graficului de pornire și oprire a grupurilor ;

e) corectarea regimului în caz de abateri sensibile de la regimul stabilit pe baza datelor statistice și de la varianta de grupuri în funcțiune avută în vedere.

În cele ce urmează ne vom limita la problemele legate de optimizarea de scurtă durată a exploatării, în particular, repartiția optimă a puterilor active și reactive.

Pentru simplificarea expunerii se va considera că la procesul de optimizare participă numai centrale termoelectrice. Această ipoteză nu limitează cu nimic generalitatea concluziilor.

Din punct de vedere practic, calculele de repartiție optimă a puterilor între centralele sistemului se concretizează în determinarea pentru fiecare centrală a graficului de producție de putere activă P_j și reactivă Q_j, în perioada de optimizare aleasă T, care asigură pe sistem obținerea minimului de cheltuieli.

Determinarea valorilor optime căutate P_j și Q_j se face pe baza rezolvării sistemului de ecuații care modelează matematic starea sistemului în momentul dat în raport cu variabilele independente alese și ținînd seamă de caracteristicile economice ale centralelor, $\varepsilon_j = f(P_j)$.

În funcție de variabilele independente alese se cunosc astăzi următoarele metode de optimizare :

— Metode care admit în calitate de variabile independente puterile active ale centralelor [1], [2], [3], [4], [9].

— Metode care admit în calitate de variabile independente puterile active și reactive ale centralelor [4], [10].

— Metode în care în calitate de variabile independente sînt alese tensiunile nodale [8].

— Metode în care în calitate de variabile independente se admit curenții nodali [5].

În cele ce urmează ne vom referi la ecuațiile de optimizare bazate pe așa-numitele metode clasice, care în calitate de variabile independente utilizează fie numai puterile active, fie puterile active și reactive ale centralelor. Aceste metode prezintă avantajul că permit scrierea relativ simplă a condițiilor repartiției optime și conțin un număr redus de variabile (necunoscute).

Dintre aceste metode sînt reținute următoarele două :

1. Metoda, utilizată larg în practica energeticienilor americani (S.U.A.), care admite în calitate de variabile independente puterile active ale centralelor.

În aceste metode se obține o repartiție optimă din punct de vedere economic numai pentru puterile active, considerîndu-se că pentru re-

Tabela 1

Metoda	Condiţiile repartiţiei economice	Expresia coeficienţilor nedeterminaţi Lagrange şi a creşterilor relative
1. Variabile independente : puterile active ale centralelor $P_1 \ldots P_G$ Funcţia de legătură : $\varphi_a = P_1 + \ldots + P_G$ $\Sigma P_{ci} - \pi = 0$	a) Influenţa pierderilor asupra repartiţiei economice este neglijabilă $\varepsilon_1 = \ldots = \varepsilon_i = \ldots = \varepsilon_G$ b) Influenţa pierderilor asupra repartiţiei este sensibilă $\mu_1 = \ldots = \mu_j = \ldots = \mu_G$ (în punctul de balansare) $Q_j = K_j \cdot P_j$	$\varepsilon_j = f_\varepsilon\,(P_j)$ $\mu_j = f\mu\left(\varepsilon_j,\ P_j\ ,\ \frac{\partial\pi}{\partial P_j}\right)$
2. Variabile independente : puterile active şi reactive ale centralelor $P_1 \ldots P_G$ $Q_1 \ldots Q_G$ Funcţiile de legătură : $\varphi_a = P_1 + \ldots + P_G - \Sigma P_{ci} - \pi = 0$ $\varphi_r = Q_1 + \ldots + Q_G - \Sigma Q_{ci} - q = 0$	a) Influenţa pierderilor asupra repartiţiei optime este neglijabilă $\varepsilon_1 = \ldots = \varepsilon_j = \ldots = \varepsilon_G$ $\delta_1 = \delta_j = \ldots = \delta_G$ b) Influenţa pierderilor asupra repartiţiei este sensibilă $\mu_1 = \ldots = \mu_j = \ldots = \mu_G$ simultan cu $\nu_1 = \ldots = \nu_j = \ldots = \nu_G$ în punctul de balansare	$\varepsilon_j = f_\varepsilon\,(P_j)$ $\delta_j = f_\delta\,(Q_j)$ [teoretic] $\mu = f_{\mu c}\left(\varepsilon_j, \delta_j, P_j, Q_j, \frac{\partial\pi}{\partial P_j}, \frac{\partial\pi}{\partial Q_j}, \frac{\partial q}{\partial P_j}, \frac{\partial q}{\partial Q_j}\right)$ $\nu = f_{\nu c}\left((\varepsilon_j, \delta_j, P_j, Q_j, \frac{\partial\pi}{\partial P_j}, \frac{\partial\pi}{\partial Q_j}, \frac{\partial q}{\partial P_j}, \frac{\partial q}{\partial Q_j}\right)$

partiţia puterilor reactive determinantă este nu latura economică, ci latura tehnică (problemele de reglaj al tensiunii).

2. Metoda elaborată de I. M. Markovici (U.R.S.S.), care admite în calitate de variabile independente puterile active şi reactive ale centralelor.

Conform acestei metode, atît puterile active cît şi cele reactive sînt determinate după criteriul optimului economic în limitele impuse de cerinţele de calitate ale energiei electrice furnizate.

În tabela 1 sînt indicate diferenţele care apar din punctul de vedere al scrierii ecuaţiilor de optimizare şi al condiţiilor ce trebuie îndeplinite în fiecare din cele două metode de optimizare considerate.

Se are în vedere un sistem energetic constituit din $N + 1$ noduri ($i = 0,1, \ldots, N$) şi corespunzător $N + 1$ receptoare, alimentat de la G centrale termoelectrice (fig. 1).

După cum se poate cu uşurinţă observa, prima metodă rezolvă în mod indirect repartiţia puterilor reactive între centrale, prin considerarea aproximaţiei că puterile reactive ale generatoarelor variază liniar cu puterile active ($Q_j = K_j\,P_j$), ceea ce permite ca după determinarea repartiţiei optime a puterilor active să se determine puterile reactive corespunzătoare aproximaţiei admise (care în general nu corespunde repartiţiei optime pentru puterile reactive).

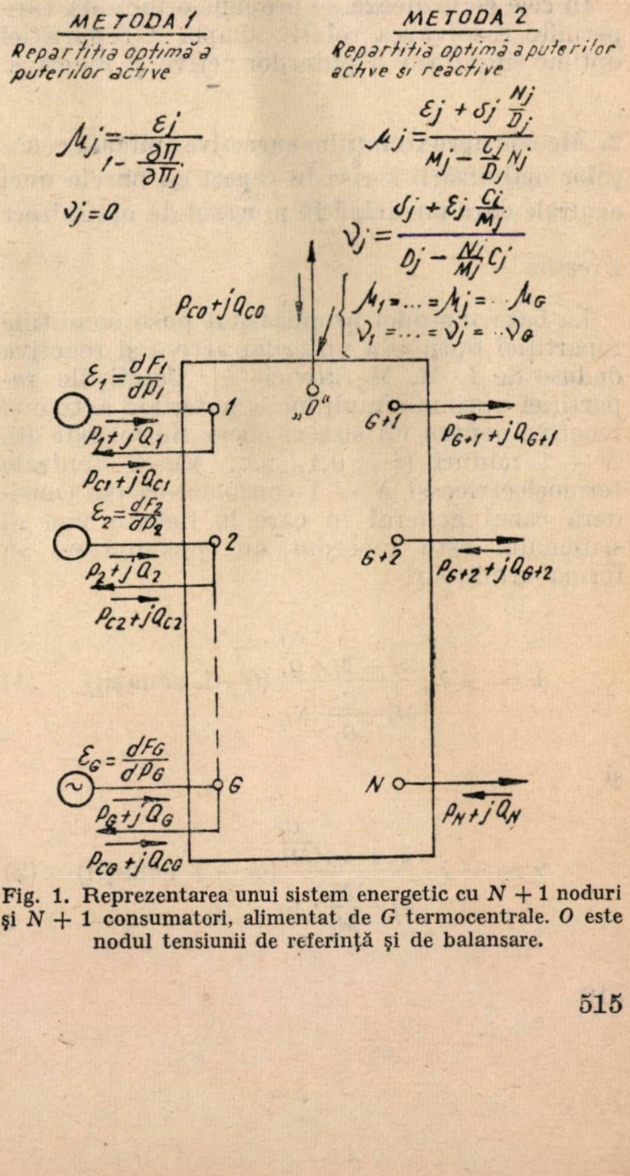

METODA 1
Repartitia optimă a puterilor active
$\mu_j = \frac{\varepsilon_j}{1 - \frac{\partial\pi}{\partial\pi_j}}$
$\nu_j = 0$
METODA 2
Repartitia optimă a puterilor active si reactive
$\mu_j = \frac{\varepsilon_j + \delta_j \frac{N_j}{D_j}}{M_j - \frac{C_j}{D_j} N_j}$
$\nu_j = \frac{\delta_j + \varepsilon_j \frac{C_j}{M_j}}{D_j - \frac{N_j}{M_j} C_j}$
$P_{C0} + jQ_{C0}$
$\mu_1 = \ldots = \mu_j = \mu_G$
$\nu_1 = \ldots = \nu_j = \nu_G$
$\varepsilon_1 = \frac{dF_1}{dP_1}$
1
„0"
G+1
$P_1 + jQ_1$
$P_{G+1} + jQ_{G+1}$
$P_{C1} + jQ_{C1}$
$\varepsilon_2 = \frac{dF_2}{dP_2}$
2
G+2
$P_2 + jQ_2$
$P_{G+2} + jQ_{G+2}$
$P_{C2} + jQ_{C2}$
$\varepsilon_G = \frac{dF_G}{dP_G}$
G
N
$P_G + jQ_G$
$P_N + jQ_N$
$P_{CG} + jQ_{CG}$

Fig. 1. Reprezentarea unui sistem energetic cu $N + 1$ noduri şi $N + 1$ consumatori, alimentat de G termocentrale. O este nodul tensiunii de referinţă şi de balansare.

Metoda include, evident, două aproximații de principiu:

— înlocuirea dependenței neliniare cu o dependență liniară între puterile active și reactive;

— nu ia în considerare influența reciprocă a variației puterilor active și reactive asupra circulațiilor și deci asupra pierderilor de putere corespunzătoare.

Această metodă prezintă avantajele simplității rezolvării din punctul de vedere al volumului și al timpului de lucru.

Metoda a doua nu include aproximațiile de mai sus; din punct de vedere teoretic, dă soluția exactă a problemei repartiției optime simultane a puterilor active și reactive. Această rigurozitate se obține pe baza unei rezolvări matematice mai dificile și prin complicarea expresiilor de tipul μ_j și apariția altora nu mai puțin complicate ν_j. Din punct de vedere practic, aplicarea acestei metode prezintă dificultăți, care pînă în prezent nu au permis utilizarea ecuațiilor optimizării în această formă.

Se menționează că dintre toate metodele arătate, singura metodă consacrată care a intrat în practica de exploatare a serviciilor de exploatare este metoda utilizată în energetica americană.

În cele ce urmează se propune o metodă care permite rezolvarea relativ simplă a repartiției optime simultane a puterilor active și reactive.

2. Metoda aproximațiilor succesive aplicată ecuațiilor optimizării scrise în raport cu barele unei centrale care participă la procesul de optimizare

Premise

La baza metodei propuse sînt puse condițiile repartiției optime a puterilor active și reactive deduse de I. M. Markovici [4]. Condițiile repartiției optime simultane a puterilor active și reactive pentru un sistem energetic format din $N+1$ noduri ($i = 0, 1, \ldots, N$), G centrale termoelectrice și $N+1$ consumatori (se consideră cazul general în care la fiecare nod al sistemului este racordat un consumator) au forma următoare:

$$\mu = -\lambda_a \frac{\varepsilon_j + \delta_j \Big/ \frac{N_j}{D_j}}{M_j - \frac{C_j}{D_j} \cdot N_j} \quad (G-1 \text{ ecuații}) \qquad (1)$$

și

$$\nu = -\lambda_r \frac{\delta_j + \varepsilon_j \Big/ \frac{C_j}{M_j}}{D_j - \frac{N_j}{M_j} \cdot C_j} (G-1 \text{ ecuații}) \qquad (2)$$

Funcțiile de legătură între variabilele independente sînt de forma:

$$\varphi_a = P_1 + \ldots + P_G - \sum P_{ci} - \pi = 0, \quad (3)$$

$$\varphi_r = Q_1 + \ldots + Q_G - \sum Q_{ci} - q = 0, \quad (4)$$

iar funcția de cheltuieli F, al cărei minim se caută:

$$F = \sum_{j=1}^{G} F_i = F_1 (P_1, Q_1) + \ldots + F_G (P_G, Q_G) \quad (5)$$

În ecuațiile (1) (2) (3) și (4)

$$\sum P_c = \sum f_{ai} (U_i), \sum Q_{ci} = \sum f_{ri} (U_i)$$

$$\pi = f_\pi P_1 \ldots P_G, Q_1 \ldots Q_G, \dot{U}_1 \ldots \dot{U}_N)$$

$$q = f_q (P_1 \ldots P_G, Q_1 \ldots Q_G, \dot{U}_1 \ldots \dot{U}_N)$$

$$M_j = 1 - \frac{\partial \sum P_{ci}}{\partial P_j} - \frac{\partial \pi}{\partial P_j}; N_j = \frac{\partial \sum P_{ci}}{\partial P_j} + \frac{\partial q}{\partial P_j},$$

$$D_j = 1 - \frac{\partial \sum Q_{ci}}{\partial Q_j} - \frac{\partial q}{\partial Q_j}; C_j = \frac{\partial \sum P_{ci}}{\partial Q_j} + \frac{\partial \pi}{\partial Q_j}.$$

$$j = 1 \ldots G$$

Se menționează că ecuațiile (1) și (2) sînt scrise, iar expresiile

$$\frac{\partial \pi}{\partial P_j}, \frac{\partial \pi}{\partial Q_j}, \frac{\partial q}{\partial P_j}, \frac{\partial q}{\partial Q_j}$$

se presupun calculate în comparație cu un punct de balansare al sistemului în care nu avem centrală electrică. Acest lucru este esențial pentru înțelegerea celor ce urmează.

De la început trebuie menționat că sistemul de ecuații (1) (2) (3) (4) este imposibil de rezolvat prin metodele obișnuite matematice.

Acest lucru apare mai clar dacă se redă formula exactă a pierderilor și a pierderilor diferențiale în funcție de puterile active și reactive ale puterilor nodale, propusă de I. M. Markovici [4], [11].

$$\pi = \sum_{i=1}^{N} B_{ii} (P_i^2 + Q_i^2) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=2}^{N} B_{ij} (P_i P_j +$$

$$+ Q_i Q_j) - 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=2}^{N} C_{ij} (P_i Q_j - Q_i P_j) \qquad (6)$$

Înlocuirea expresiei pierderilor, ca și a pierderilor diferențiale

$$\frac{\partial \pi}{\partial P_j}, \frac{\partial \pi}{\partial Q_j}, \frac{\partial q}{\partial P_j}, \frac{\partial q}{\partial Q_j}$$

în ecuațiile (1) (2) (3) și (4) conduce la formarea unui sistem de ecuații neliniare în raport cu variabilele.

Această împrejurare, ca și aceea că $\varepsilon_j = \frac{dF_j}{dP_j}$ se exprimă în cazul general în funcție de P_j neliniar, exclude posibilitatea rezolvării sistemului de ecuații (1) (2) (3) și (4) direct prin mijloace matematice obișnuite și permite în calitate de unic mijloc de rezolvare metoda iterativă.

Pentru a fi posibilă rezolvarea repartiției optime simultane a puterilor active și reactive prin metoda iterativă, este necesar să se determine seria de valori a variabilelor pentru primul pas al iterației. Această serie de valori trebuie să fie în principiu pe cît posibil mai apropiată de seria de valori a soluției definitive.

Pentru puterile active, această serie de valori poate fi determinată calculînd într-o primă aproximație repartiția optimă a puterilor active fără considerarea pierderilor în sistem, ceea ce este relativ simplu.

Determinarea unei astfel de serii de valori inițiale pentru puterile reactive nu este posibilă din cauza inexistenței unui criteriu de repartiție optimă a puterilor reactive fără considerarea pierderilor în sistem. Datorită acestei împrejurări, problema repartiției puterilor active și reactive nu a putut fi pînă în prezent rezolvată simultan, ci a fost divizată în două probleme separate :

— repartiția optimă a puterilor active considerînd că pierderile de putere activă depind numai de circulațiile de puteri active ;

— repartiția optimă a puterilor reactive considerînd repartiția puterilor active dată.

Această împărțire a problemei unice a repartiției puterilor active și reactive include în sine aproximația privind independența circulațiilor de puteri active și reactive, și anume neglijează influența reciprocă a variației circulațiilor de puteri active și reactive, ca și aceea că pierderile de putere activă depind numai de circulațiile de puteri active.

Descrierea metodei propuse

Metoda propusă se referă la deducerea ecuațiilor de optimizare în raport cu nodul tensiunii de bază a sistemului (care este și nod de balansare) la care este racordată o centrală care participă la procesul de optimizare.

În literatura de specialitate s-a arătat că ecuațiile de optimizare pot fi scrise în raport cu orice punct al sistemului. Nodul tensiunii de referință sau de balansare poate fi ales orice nod al sistemului la care pot fi racordate fie numai receptoarele, fie numai centrala electrică, fie și unul și celălalt. Nodul tensiunii de referință poate fi ales orice nod al sistemului sau un punct oarecare ocupînd o poziție intermediară pe oricare din liniile rețelei. Singura condiție care se cere este ca, odată ales, ecuațiile de optimizare și diferiții coeficienți de pierderi (B_i, B_{ij}, C_{ij}) să se exprime simultan în raport cu unul și același punct.

Reluăm condițiile repartiției optime în forma lor cea mai generală (1) și (2), care sînt scrise în raport cu un nod al sistemului la care sînt racordați numai consumatori.

Dacă în calitate de nod al tensiunii de referință și de balansare se alege un nod al sistemului la care este racordată o centrală electrică care participă la procesul de optimizare, fie acest nod O, scrierea ecuațiilor (1) și (2) pentru acest punct ne dă pentru expresiile M_0, N_0, C_0 și D_0 valorile :

$$\left.\begin{aligned} M_0 = D_0 = 1 \\ N_0 = D_0 = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Pentru orice centrală ale cărei bare coincid cu punctul de balansare sau nodul tensiunii de referință, variația de putere activă sau reactivă nu conduce la modificarea pierderilor în rețea dacă $U_0 = \text{ct.}$

În consecință avem :

$$\frac{\partial \pi}{\partial P_0} = \frac{\partial \pi}{\partial Q_0} = \frac{\partial q}{\partial P_0} = \frac{\partial q}{\partial Q_0} = 0 \qquad (8)$$

Dacă admitem că $U_0 = 0$, variația de putere activă sau reactivă a centralei racordate la nodul de balansare nu atrage modificarea nivelelor de tensiune în rețea și

$$\frac{\partial \Sigma P_{ci}}{\partial P_0} = \frac{\partial \Sigma P_{ci}}{\partial Q_0} = \frac{\partial \Sigma Q_{ci}}{\partial P_0} = \frac{\partial \Sigma Q_{ci}}{\partial Q_0} = 0 \quad (9)$$

Considerarea condițiilor (8) și (9) conduce la obținerea valorilor indicate mai sus pentru M_0, N_0, C_0 și D_0.

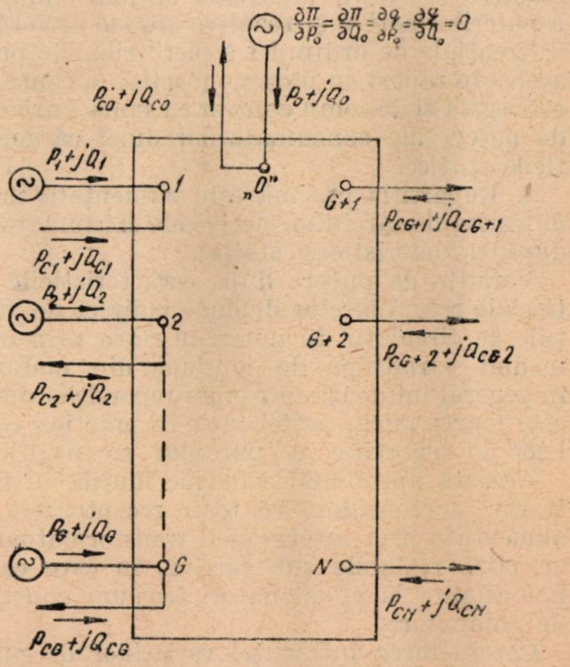


Fig. 2. Reprezentarea unui sistem energetic cu $N + 1$ noduri și $N + 1$ consumatori, alimentat de $G + 1$ termocentrale. În nodul tensiunii de referință și de balansare, O, este racordată centrala de balansare.

Condițiile repartiției optime simultane a puterilor (1) și (2) devin

$$\mu = -\lambda_a = \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_j + \delta_j \frac{N_j}{D_j}}{M_j - \frac{C_j}{D_j} N_j} = 1 \ldots G \quad (10)$$

$$\nu' = -\lambda_r = \delta_0 = \frac{\delta_j + \varepsilon_j \frac{C_j}{M_j}}{D_j - \frac{N_j}{M_j} C_j} = 1 \ldots G \quad (11)$$

Dacă în ecuațiile de tipul (11) considerăm $\delta_0 = \delta_j = 0$, aproximație care este admisă în toate calculele practice, se obțin condițiile repartiției optime simultane a puterilor active și reactive în forma următoare:

$$\mu = -\lambda_a = \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_j}{1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_j} + \frac{\partial \sum P_{ci}}{\partial U_i} \frac{\partial U_i}{\partial P_j}} = \quad (12)$$

$$\nu' = -\lambda_r = 0 = \frac{\partial \pi}{\partial Q_j} + \frac{\partial \sum P_{ci}}{\partial U_i} \frac{\partial U_{ci}}{\partial Q_j} = \quad (13)$$

$$j = 1 \ldots G$$

$$i = 0 \ldots N$$

Această formă de exprimare a condițiilor repartiției optime simultane a puterilor active și reactive între centrale permite formularea următoarelor concluzii:

1. În orice sistem energetic, în condițiile neglijării cheltuielilor pentru producerea energiei reactive ($\delta_j = 0$), repartiția optimă simultană a puterilor active și reactive are loc astfel încît diferențiala de ordinul I a pierderilor de putere activă în raport cu puterea reactivă a centralei j este egală și de semn contrar cu suma variațiilor de putere ale consumatorilor după caracteristicile statice.

2. Repartiția optimă este influențată numai de variațiile sarcinilor active ale consumatorilor după caracteristicile statice.

Variația de putere după caracteristicile statice ale receptoarelor depinde indirect de variațiile de circulații de puteri în rețea prin intermediul variațiilor de tensiune din noduri și în general influența ei asupra repartiției optime este foarte mică, astfel încît în practica calculelor de repartiție a puterilor se neglijează.

Această aproximație devine inutilă în cazul în care se consideră că toate receptoarele sînt alimentate prin intermediul transformatoarelor cu prize reglabile sub sarcină, în care caz se pot asigura la consumatori tensiuni constante de alimentare.

Considerarea influenței variațiilor de putere după caracteristicile statice ale receptoarelor prezintă în cazul de față numai interes teoretic și a fost menționată numai pentru a demonstra că, în cazul în care se dorește un calcul exact, metoda propusă permite studierea acestei probleme.

Pasul următor este scrierea condițiilor repartiției optime simultane în ipoteza neglijării variațiilor de putere după caracteristicile statice:

$$\mu = -\lambda_a = \varepsilon_0 = \ldots = \frac{\varepsilon_j}{1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_j}} = \ldots \quad (14)$$

$$\nu' = -\lambda_r = 0 = \ldots = \frac{\partial \pi}{\partial Q_j} = \ldots \quad (15)$$

$$j = 1 \ldots G.$$

După cum se vede, metoda propusă de a scrie condițiile de optimizare în raport cu nodul tensiunii de referință și de balansare ales într-un nod al sistemului la care este racordată o centrală care participă la procesul de optimizare conduce la ecuații relativ simple, care facilitează considerabil calculele de repartiție economică.

Pentru comparație se redau condițiile de optimizare obținute pe baza ecuațiilor (1) și (2), scrise în raport cu un nod al tensiunii de referință și de balansare care nu coincide cu barele unei centrale care participă la procesul de optimizare, în cadrul aproximațiilor admise mai sus:

$\delta_j = \delta_0 = 0$ și condițiile (9) îndeplinite

$$\mu = -\lambda_a = \frac{\varepsilon_j}{1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_j} - \frac{\frac{\partial \pi}{\partial Q_j} \frac{\partial q}{\partial P_j}}{1 - \frac{\partial q}{\partial Q_j}}} \quad (16)$$

$$\nu = \frac{\lambda_r}{\lambda_a} = \frac{\frac{d\pi}{\partial Q_j}}{1 - \frac{\partial q}{\partial Q_j}}. \quad (17)$$

Examinarea comparativă a celor două grupe de ecuații (14), (15) și (16), (17) pune clar în evidență avantajele utilizării condițiilor de repartiție optimă (14), (15) obținute pe baza metodei propuse, și anume:

a) Condițiile de optimizare deduse pe baza metodei propuse conduc la scrierea unor ecuații mai simple și mai comode pentru calcule.

b) Lipsa expresiilor $\frac{\partial q}{\partial P_j}$ și $\frac{\partial q}{\partial Q_j}$ din ecuațiile de optimizare conduce la simplificarea algoritmului pentru calculele pe mașini electronice de calcul și la o importantă reducere a volumului de calcul și a timpului de lucru.

c) Este evident că în cazul constanței coeficientului B_{ii} și B_{ij} și dacă coeficienții C_{ij} din formula pierderilor (5) sînt neglijabil mici, repartiţia optimă a puterilor reactive se obţine direct prin rezolvarea unui sistem de ecuaţii liniare în raport cu puterile reactive (deduse din 15).

$$\frac{\partial \pi}{\partial Q_j} = 2 \sum_{i=1}^{N} B_{ij}\, Q_j = 0. \qquad (18)$$

Dacă nu poate fi admisă aproximaţia $C_{ij} = 0$, atunci cu ajutorul condiţiei (18) se deduce prima serie de valori pentru puterile reactive $Q_1^{(0)}, Q_2^{(0)}, \ldots, Q_G^{(0)}$, care, avînd în vedere că în general $B_{ij} \gg C_{ij}$, vor rezulta apropiate de repartiţia optimă definitivă a puterilor reactive.

Aplicaţie

În cadrul exemplului de calcul redat mai sus s-a examinat un singur regim de repartiţie optimă pe o reţea cu $N + 1 = 6$ noduri şi 4 centrale termoelectrice care participă la procesul de optimizare (fig. 3). Sarcinile pe noduri, constantele reţelei şi ecuaţiile $\varepsilon_j = f\,(P_j)$ sînt indicate pe schemă. Nu s-au considerat limitele tehnice privind puterile active şi reactive ale centralelor.

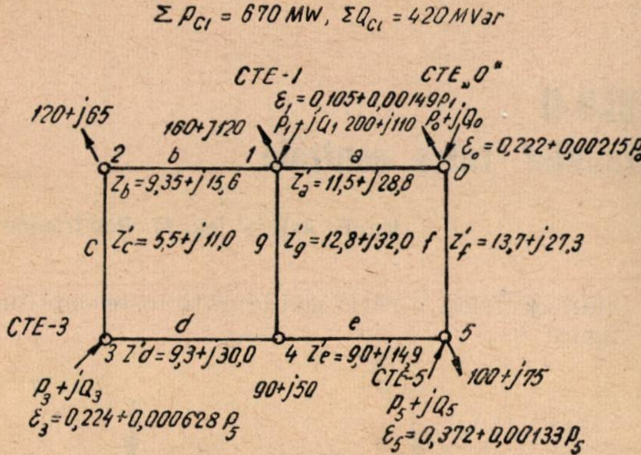


Fig. 3. Schema unui sistem energetic cu 6 noduri şi 4 CTE amplasate în nodurile 0, 1, 3, 5.

Calculele au fost efectuate pe tabulator şi au la bază determinarea formulelor de pierderi şi variaţii diferenţiale ale pierderilor cu ajutorul coeficienţilor de repartiţie a curenţilor nodali [4].

S-a considerat $C_{ij} = 0$, iar coeficienţii B_{ii} şi B_{ij} constanţi.

Matricea coeficienţilor $\frac{B_{ij}}{10^{-5}}$ calculaţi pe baza coeficienţilor de repartiţie a curenţilor nodali [4], este:

	1	2	3	4	5
1	70,153	62,054	57,881	51,360	30,833
2	—	112,142	94,920	65,492	39,246
3	—	—	120,670	73,896	44,311
4	—	—	—	88,003	53,244
5	—	—	—	—	76,417

Conform celor arătate pentru determinarea repartiţiei optime de puteri active şi reactive, urmează să se rezolve următorul sistem de ecuaţii:

$$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_1}{1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_1}} = \frac{\varepsilon_3}{1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_3}} = \frac{\varepsilon_5}{1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_5}} \qquad (19)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial Q_1} = \frac{\partial \pi}{\partial Q_3} = \frac{\partial \pi}{\partial Q_5} = 0 \qquad (20)$$

$$\varphi_a = P_0 + P_1 + P_3 + P_5 - \sum P_{ci} - \pi = 0 \qquad (21)$$

$$\varphi_r = Q_0 + Q_1 + Q_3 + Q_5 - \sum Q_{ci} - q = 0 \qquad (22)$$

Întrucît s-a presupus $C_{ij} = 0$, ecuaţiile (20) depind numai de puterile reactive Q_1, Q_3 şi Q_5. Se obţin următoarele rezultate:

$Q_1 = 159{,}5$ MVAr sau, rotunjit, $Q_1 = 160$ MVAr
$Q_3 = 55{,}40$ MVAr $\qquad Q_3 = 55$ MVAr
$Q_5 = 95{,}15$ MVAr $\qquad Q_5 = 95$ MVAr

Valoarea lui Q_0 se obţine din ecuaţia de balans a puterilor reactive:

$$Q_0 = 110 \text{ MVAr}.$$

Soluţiile pentru puterile active se găsesc în urma aplicării metodei iterative, ale cărei rezultate se redau în tabela 2.

Tabela 2

Nr. iteraţiei	P_0 MW	P_1 MW	P_3 MW	P_5 MW	Π MW	1	2	3
0	95,0	215,0	320,0	40,0	0	1	1	1
1	164,0	250,0	171,0	136,0	51,0	0,83076	0,57806	0,96422
2	126,5	225,0	291,0	54,0	16,5	0,89494	0,81204	0,89797
2'*	—	237,5	226,0	95,0	—	—	—	—
3	136,0	231,0	241,0	87,0	25,0	0,87408	0,73012	0,94960
4	139,0	234,0	231,0	94,0	28,0	0,87078	0,70833	0,95255
4'**	—	232,5	236,0	90,5	—	—	—	—
5	138,0	233,0	235,0	91,0	27,0	0,87230	0,71576	0,95070

* s-a făcut media valorilor de la iteraţiile 1 şi 2.
** s-a făcut media valorilor de la iteraţiile 3 şi 4.

Calculul a fost oprit cînd s-a obținut

$$P_j^{(i)} - P_j^{(i-1)} \leqslant \Delta P = 1 \text{ MW}.$$

După cum se vede convergența rezolvării ecuațiilor (19) este insuficient de rapidă, în total fiind necesare 5 iterații pentru obținerea soluției definitive.

Bibliografie

[1] Kirchmayer, L. K. și Stagg, G. W. *Evaluation of methods of co-ordinating incremental fuel costs and incremental transmission losses.* Transactions of AIEE.

[2] Kirchmayer, L. K. *Economic operations of power systems.* J. Willey and Sons, New-York, 1958.

[3] Steinberg, M. J. și Smiths, P. H. *Economic looding of steam power plants and electric systems.* J. Willey and Sons, New-York, 1943.

[4] Markovici, I. M. *Rejimi energheticeskih sistem.* Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1963.

[5] Smirnov, K. A. *Rasciot ekonomicinovo raspredeleniia aktivnih i reaktivnih mocinostei pri zadanih ogranicenih rejima.* Elektricestvo nr. 3, 1963, p. 6—9.

[6] Carpentier, J. *Contribution à l'étude du dispatching economique.* BSFE, 1962, nr. 32.

[7] Carpentier, J. și Siroux, J. *L'optimisation de la production à l'Electricité de France.* BSFE, nr. 39, 1963, p. 121—129.

[8] Squires, E. B. *Economic dispatch of generation of directly from power system voltages and admitances.* Power Apparatus and System, vol. 52, febr. 1961, p. 1 235—45.

[9] Gornstein, B. M. *Naivigodneișee raspredelenie nagruzok mejdu paralelno rabotaiușcimi elektrostanțiami.* Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1949.

[10] Fischer, M. *Power system economic load allocation using a new equation for transmission losses.* Power Apparatus and Systems, august, 1960, p. 507—513.

[11] Markovici, I. M. *Obșciaia formula poteri mocinosti v setiah i vicislenie udelnih prirostov poteri.* Elektricestvo, nr. 4, 1962, p. 41—45.

Lefordítva
16825/65

Rezolvarea pe calculatorul analogic MECAN-II a problemei de repartiție optimă a sarcinilor între centrale

Ing. **E. Arie** și ing. **M. Pomîrleanu**

În practica mondială a exploatării sistemelor energetice, folosirea calculatoarelor analogice-mecanice, electromecanice sau electronice pentru calculul repartiției economice a puterilor este larg răspîndită [1], [2]; utilizarea unor calculatoare cifrice pentru această problemă este de dată mult mai recentă. Pînă în prezent, calculatoarele cifrice nu au înlocuit însă calculatoarele analogice, în special în conducerea operativă a sistemelor energetice complexe.

Din această cauză s-a experimentat folosirea calculatorului analogic electronic neliniar MECAN-II, al Institutului de energetică al Academiei R.P.R. [3], la calculul repartiției economice a puterilor într-un sistem electroenergetic simplificat, pentru a pune în evidență posibilitățile oferite de acest calculator în rezolvarea acestei probleme și pentru a stabili metodele de rezolvare adecvate.

Totodată s-au studiat efectele diferiților factori care influențează repartiția economică, și anume: cantitatea de apă disponibilă pentru centralele hidroelectrice, fluctuațiile puterii cerute pentru consumatori, caracteristicile economice ale centralelor, pierderile în rețele, modificările survenite în topologia rețelei electrice de transport etc. [4]. În articolul de față se prezintă numai felul în care această problemă a fost introdusă pe calculatorul analogic, precum și cîteva din rezultatele obținute.

Calculele s-au făcut pentru un sistem energetic cu cinci centrale termoelectrice și două centrale hidroelectrice, a cărui configurație este dată în figura 1.

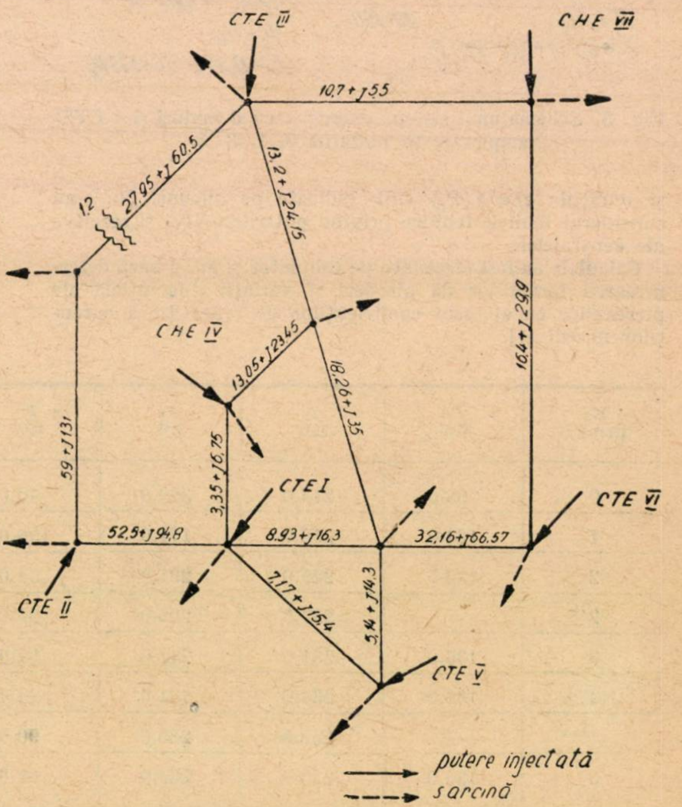


Fig. 1. Schema sistemului energetic folosit în lucrare.

Repartiția optimă a puterilor între centrale s-a făcut în următoarele ipoteze:

a) criteriul de optimizare admis este acela al consumului minim de combustibil convențional;

b) la calculul repartiției optime s-a ținut seamă de efectul pierderilor în rețeaua electrică de transport;

c) intervalul pentru care se face optimizarea este de 24 ore;

d) volumul total de apă disponibil în intervalul de 24 ore considerat pentru una din centralele hidroelectrice este limitat la o valoare fixă. Înălțimea de cădere nu variază sensibil, iar centrala funcționează în paralel cu celelalte centrale în întreg intervalul de timp considerat;

e) cealaltă centrală hidroelectrică funcționează ca centrală de vîrf, debitînd o putere constantă timp de 5 ore pe zi;

f) puterile ce pot fi debitate de centrale sînt limitate superior și inferior.

Considerentele care au stat la baza alegerii exemplului și a condițiilor de calcul au fost:

— Prin alegerea unor date apropiate de cele existente la noi, să se cîștige o experiență utilă pentru calcule practice ulterioare de optimizarea regimului, în exploatarea și proiectarea dezvoltării sistemului.

— Alegerea criteriului consumului minim de combustibil convențional reprezintă un caz particular, a cărui formulare matematică este totuși aproape identică cu aceea a criteriului minimului de cost al producției de energie electrică, astfel încît, din punct de vedere metodic, rezultatele obținute sînt generale.

— Efectuarea calculului repartiției optime, în ipoteza că pentru o centrală hidroelectrică volumul de apă disponibil într-un anumit interval de timp este limitat, a permis verificarea metodei de calcul, care, generalizată, poate fi aplicată problemei importante a gospodăririi optime a lacurilor de acumulare, în cazul unui sistem cu producție de energie termo- și hidroelectrică.

— Exemplul de calcul ales a permis evidențierea tuturor factorilor care prezintă importanță în calculul repartiției economice a puterilor într-un sistem electroenergetic [4].

Ecuațiile care determină repartiția economică a puterilor între centrale. Schema de modelare pe calculatorul analogic

Problema repartiției optime a puterilor între centralele termo- și hidroelectrice ale unui sistem electroenergetic revine la calculul minimului unei funcții:

$$C = \int_0^T C_0\,(P_1, P_2 \ldots P_n)\cdot\,\mathrm{d}t, \qquad (1)$$

respectînd condițiile:

$$\int_0^T V_0\,(P_i)\cdot \mathrm{d}t = V_j \qquad j = m + 1 \ldots n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n} P_i - p = P_s(t) \qquad (3)$$

$$P_{i\,min} \leqslant P_i \leqslant P_{i\,max}, \qquad i = 1 \ldots n \quad (4)$$

unde

$P_1, P_2 \ldots P_n$ sînt puterile electrice debitate în rețea de către cele n centrale termo- și hidroelectrice;

p — pierderile în rețele;

$P_{i\,max}$ și $P_{i\,min}$ — limitele între care variază puterea ce poate fi debitată de centrala i;

$P_s\,(t)$ — puterea cerută de totalitatea consumatorilor din sistem în momentul t.

Din totalul de n centrale, m centrale termoelectrice au un consum total de combustibil nedeterminat. Restul de $(n - m)$ centrale sînt fie centrale hidroelectrice cu rezervor de acumulare, permițînd compensarea variațiilor de debit pe un interval mai mare decît T, care trebuie să consume un volum total de apă V_j în intervalul de timp T, fie centrale termoelectrice pentru care consumul total de combustibil în intervalul de timp T este impus.

Dacă optimizarea repartiției puterilor generate se face pe baza criteriului minimului de consum de combustibil convențional, C_0 reprezintă consumul de combustibil convențional în unitatea de timp la toate cele m centrale termice, cu un consum nedeterminat, iar C consumul total de combustibil convențional în intervalul T.

În acest caz, funcția C_0 are expresia:

$$C_0 = \sum_{i=1}^{m} C_{0i}\,(P_i) \qquad (5)$$

unde C_{0i} este consumul de combustibil convențional în unitatea de timp la centrala i, care pentru o anumită schemă de funcționare a centralei este o funcție neliniară cunoscută de puterea P_i, debitată de centrala respectivă în sistem.

Datorită funcționării continue a calculatorului analogic, este indicată formularea problemei în modul prezentat, adică folosind variațiile continue și rezolvarea ei prin metoda variațională, folosind ecuațiile Euler-Lagrange [1], [2], care conduc la următoarele relații pentru determinarea regimului optim:

$$\frac{\dfrac{\partial C_{0i}}{\partial P_i}}{1 - \dfrac{\partial p}{\partial P_i}} = \ldots\ldots = \frac{\gamma_j\,\dfrac{\partial V_{0j}}{\partial P_j}}{1 - \dfrac{\partial p}{\partial P_j}} = \ldots = b_0 \qquad (6)$$

Sistemul de ecuaţii (6) trebuie completat cu condiţiile la frontieră (2), (3), (4). Parametrii Lagrange γ_j se aleg astfel încît să fie satisfăcută condiţia (2).

Pentru modelarea pe calculatorul analogic, relaţiile (6) se exprimă sub forma :

$$b_i = b_0 \, (1 - \sigma_i) \qquad i = 1 \ldots m \qquad (7)$$

$$q_j = \frac{1}{\gamma_j} b_0 (1 - \sigma_j), \quad j = m + 1 \ldots n \qquad (7')$$

unde

$b_i = \frac{\partial C_{0i}}{\partial P_i}$ este creşterea relativă a consumului orar de combustibil convenţional la centrala i;

$q_j = \frac{\partial V_j}{\partial P_j}$ — creşterea relativă a debitului de apă consumat de centrala hidroelectrică j;

$\sigma_i = \frac{\partial p}{\partial P_i}$ — creşterea relativă a pierderilor de transport datorită creşterii unitare a puterii debitate de centrala i;

b_0 — o constantă a cărei interpretare fizică este creşterea relativă a consumului total orar de combustibil la o creştere unitară a puterii totale cerute de consumatori.

Pentru exprimarea pierderilor de transport, s-au folosit relaţiile cunoscute şi mult utilizate, de forma [2] :

$$p = \sum_{l=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} P_l \cdot B_{lk} \cdot P_k + \sum_{l=1}^{n} B_{l0} P_l + B_{00} \qquad (8)$$

Acestea corespund gradului actual de informaţii asupra funcţionării sistemului electroenergetic, unde singurele mărimi cunoscute cu precizie suficientă în fiecare moment sînt puterile debitate de centrale în sistem, şi deoarece în primă aproximaţie se consideră că influenţa repartiţiei puterilor reactive asupra repartiţiei puterilor active poate fi reflectată într-o asemenea formulă, dacă se admite o anumită lege de reglaj al puterilor reactive debitate, în funcţie de puterile active.

Din relaţia (8) rezultă :

$$\sigma_i = 2 \cdot \sum_{l=1}^{n} B_{il} \, P_l + B_{i0}. \qquad (9)$$

Aceste expresii au fost modelate simplu cu ajutorul unor sumatoare (Σ' din figura 5) care primeau valorile puterilor centralelor P_l şi care, după multiplicare cu coeficienţii constanţi B_{il}, le însumau conform relaţiei (9), formînd termenul corespunzător creşterilor relative ale pierderilor (σ_i).

Mărimile b_i sau, respectiv, q_j sînt, pentru o anumită situaţie de exploatare a centralei, funcţie numai de puterea debitată de această centrală.

Aceste funcţii :

$$b_i = f_i(P_i)$$

şi $\qquad (10)$

$$q_j = \varphi_j(P_j)$$

au fost modelate pe maşina analogică cu ajutorul unor generatoare speciale de funcţii prin aproximare cu cîteva segmente de dreaptă de pantă variabilă, aşa cum se prezintă în figurile 2 şi 3.

Pentru a îndeplini condiţiile (4), adică a face ca puterile centralelor să se menţină între valorile maxime şi minime admisibile, s-au utilizat limitatoare cu diode (L) la amplificatoarele Σ'' (fig. 5), care limitau inferior şi superior valorile b_i, respectiv q_i.

În exemplul pentru care s-au efectuat calculele s-a presupus că centralele I, II, III, V, VI (vezi schema din figura 1) sînt centrale termoelectrice, avînd caracteristicile creşterilor relative din figura 2.

Centrala VII este o centrală hidroelectrică, funcţionînd la volum total de apă impus şi avînd caracteristica creşterii relative a debitului de apă consumat redată în figura 3.

Centrala IV este o centrală hidroelectrică de vîrf, al cărei regim depinde de puterea consumată din sistem (fig. 4).

În figura 5 este reprezentată schema de principiu pentru modelarea relaţiilor de optimizare a repartiţiei, cu ajutorul amplificatoarelor funcţionale ale calculatorului MECAN-II.

Amplificatoarele Σ' determină, în funcţie de puterile centralelor, valorile creşterilor relative ale pierderilor (σ_i).

În circuitele de înmulţire X se realizează produsele $\sigma_i . b_0$, care, împreună cu b_0, se introduc în sumatoarele Σ'', obţinîndu-se valorile creşterilor relative ale consumului orar de combustibil b_i (pentru centralele termice), respectiv ale debitului de apă (pentru centralele hidroelectrice) q_j.

Prin intermediul generatoarelor de funcţii F', care modelează caracteristicile creşterilor relative ale consumului de combustibil, respectiv ale debitului de apă, se determină pentru o anumită valoare a mărimii b_i, respectiv q_j, puterea care trebuie repartizată centralei i sau j. Acestea sînt apoi aduse la intrările tuturor amplificatoarelor Σ'. Datorită legăturilor în circuit închis, care există între elementele schemei, şi îndeplinirii condiţiilor de stabilitate pentru o anumită valoare dată mărimii b_0, schema determină univoc mărimile P_i, P_j. Cum singura mărime cunoscută nu este b_0, ci puterea totală ce urmează a fi repartizată între centralele sistemului, schema se completează cu integratorul I_2, care, integrînd diferenţa $P_T - \Sigma P_l$, elaborează termenul b_0.

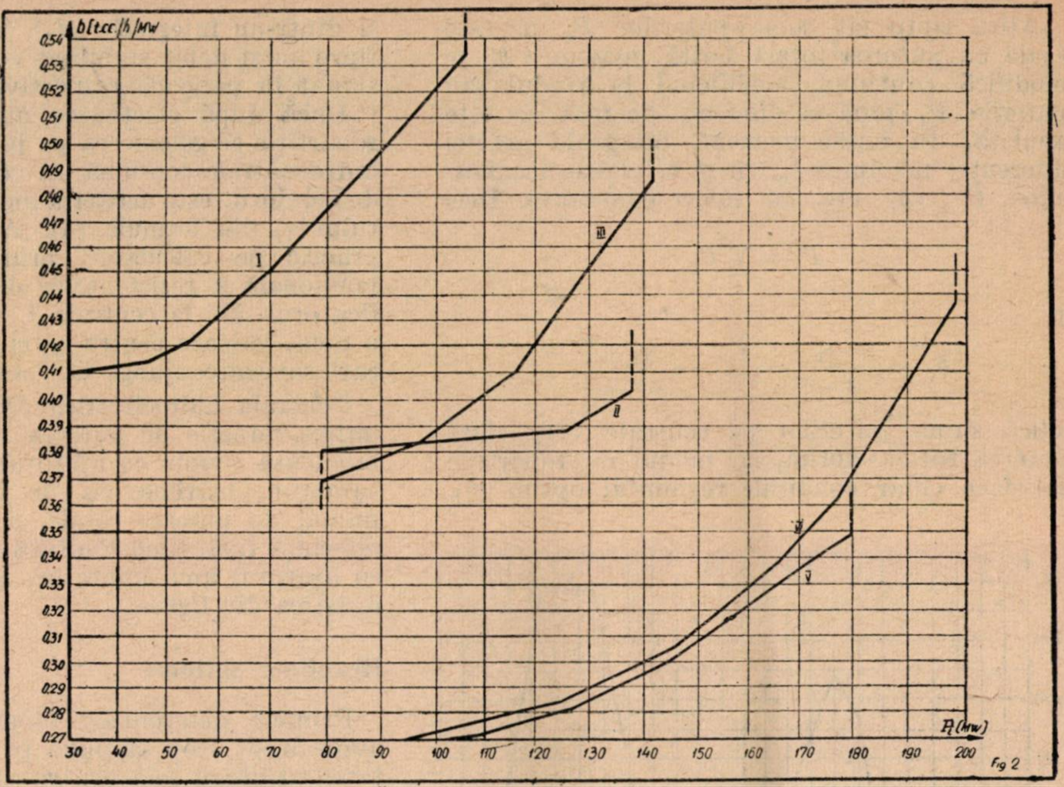


Fig. 2. Caracteristicile creşterilor relative ale consumului de combustibil.

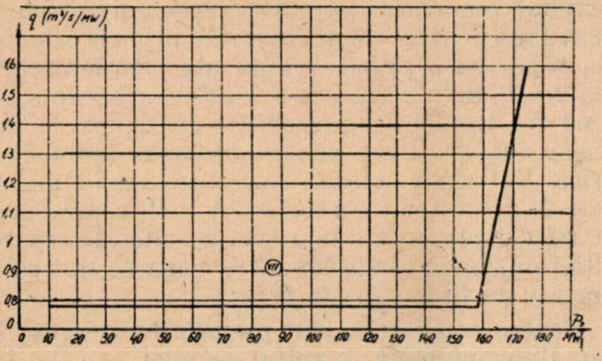


Fig. 3. Caracteristica creşterilor relative ale debitului pentru centrala hidroelectrică VII.

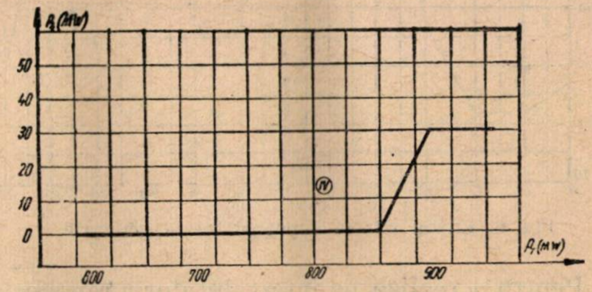


Fig. 4. Caracteristica de încărcare pentru centrala de vîrf IV.

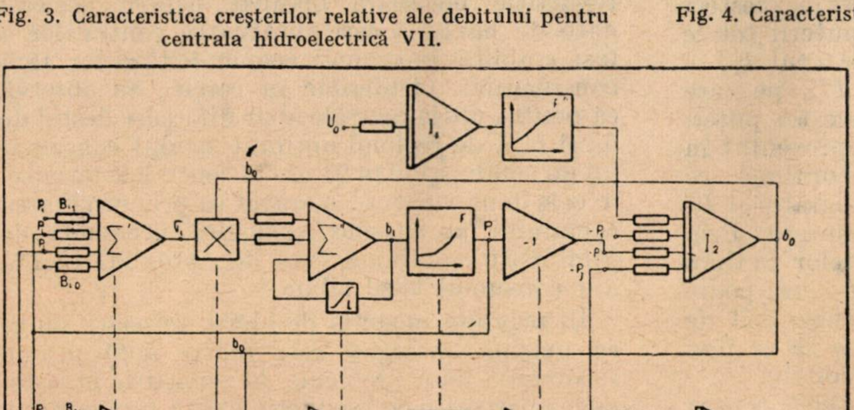

U₀
I₁
f'
b₀
Σ'
Σ''
×
b₁
f
P
-1
-P
I₂
V_J
I₃
f'''
B₁₁
B₁₀
B_J1
B_J0

Fig. 5. Schema-bloc de modelare pe calculatorul analogic.

Atîta timp cît suma puterilor P_l nu este egală cu puterea totală dorită, mărimea b_0 se modifică continuu, modificînd la rîndul său puterile P_l pînă ce diferența de mai sus este anulată. În acest moment, integrala acestei diferențe, mărimea b_0, cît și celelalte necunoscute, P_i, σ_i etc. au valori constante. Deci

$$P_T = \sum_1^n P_l$$

și

$$b_0 = \frac{b_i}{1 - \sigma_i} = \ldots = \frac{\gamma_j \cdot q_j}{1 - \sigma_j},$$

adică suma puterilor pe centrale este chiar puterea totală dorită, iar modul de repartiție satisface chiar condițiile regimului optim (6).

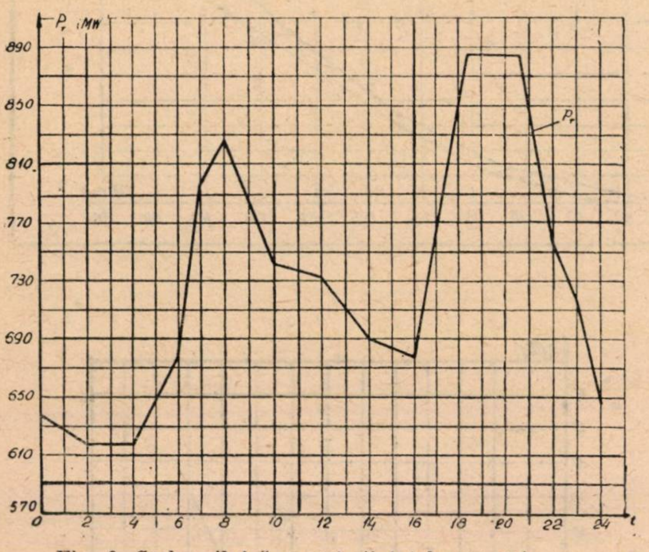


Fig. 6. Curba zilnică a puterii totale generate.

Pentru a realiza pe intervalul dorit repartiția puterii totale după curba de durată a acesteia sau după graficul orar, valoarea puterii totale P_T, care se introduce în amplificatorul I_2, se obține de la generatorul de funcții F'', pe care s-a modelat graficul pe 24 ore al acestei puteri în funcție de timp; timpul este reprezentat în cazul nostru printr-o tensiune continuă ce crește uniform, obținută de la integratorul I_1, care are la intrare o mărime constantă. Prin alegerea corespunzătoare a constantelor de timp ale celor două integratoare I_1 și I_2, se poate face ca puterea totală P_T să varieze atît de lent, încît pentru integratorul I_2 ea să se prezinte ca o succesiune de stări staționare.

Pentru a îndeplini condiția (2), adică pentru a face ca la centrala hidroelectrică nr. 7 să se consume pe perioada respectivă (24 ore) un anumit volum de apă, se prevăd în schemă și celule pentru calculul acestui volum de apă. Ele se compun dintr-un generator de funcție F''', care stabilește debitul de apă consumat de hidrocentrală cînd debitează o anumită putere, și dintr-un integrator (I_3), care integrează în timp acest debit stabilind volumul de apă consumat în perioada respectivă.

Dacă după efectuarea unui prim calcul de repartiție se găsește că pe perioada considerată hidrocentrala consumă un volum de apă diferit de cel dorit, este necesară modificarea coeficientului γ_j din formula (6). Acest lucru se face practic pe calculator, prin modificarea proporțională a rezistențelor de intrare în amplificatorul Σ'' la centrala j. Calculul se reia cu o nouă valoare pentru γ_j și după cîteva încercări se poate ajunge la volumul de apă dorit.

Centrala hidroelectrică IV, avînd un regim impus, funcție de puterea totală cerută, este modelată simplu cu ajutorul unui amplificator sumator; mărimea sa de ieșire este funcție numai de puterea totală și de o tensiune de referință fixă, fiind limitată inferior și superior cu ajutorul unui limitator, realizîndu-se caracteristica din figura 4.

Rezultate obținute

Primele determinări făcute pe mașină au avut drept scop să pună în evidență posibilitatea utilizării sale pentru calculele de dispecer privind repartiția optimă a sarcinilor, precum și să facă pentru schema în studii primele calcule de repartiție, ținînd seamă de pierderile în rețele. Pentru aceasta s-a ales o curbă de sarcină de tipul celei prezentate în figura 6; de asemenea s-a fixat pentru centrala hidroelectrică VII un volum de apă consumabil în 24 ore, de 6,1 mil. m³. Cu caracteristicile centralelor și rețelei prezentate mai sus, rezultatele repartiției optime a sarcinilor între centrale sînt cele trasate cu linie plină în figura 7.

Pentru comparație sînt prezentate în figura 7 (cu linie punctată) rezultatele unor calcule de repartiție efectuate manual pentru aceleași date de bază, la care încărcarea centralelor a fost stabilită în ordinea economicității lor, fără considerarea pierderilor în rețele. Se observă că pentru unele centrale apar diferențe destul de mari față de regimul optim. Calculul consumului de combustibil în 24 ore la centralele termice, în cele două variante, a arătat că prin efectuarea calculului pe mașina analogică economia de combustibil obținută este de aproximativ 1% din consumul total zilnic.

În privința modului de lucru, se poate spune că mașina analogică este foarte aptă pentru rezolvarea unor probleme de repartiție în sistemele energetice cu producție mixtă termo-hidro. Stabilirea corectă a volumului de apă consumată la centralele hidroelectrice nu duce la iterații prea multe; în cazul exemplului prezentat, după 3—4 iterații se ajungea la volumul dorit. De asemenea, cu constantele de timp utilizate de noi la integratoarele I_1 și I_2, graficul zilnic era parcurs într-un interval de timp de

130 secunde. Astfel, ținînd seama de timpul necesar iterațiilor și de cel afectat înregistrărilor și diferitelor citiri, durata unui calcul de repartiție pe 24 ore (după ce programul a fost afișat pe mașină) nu depășește 20 minute.

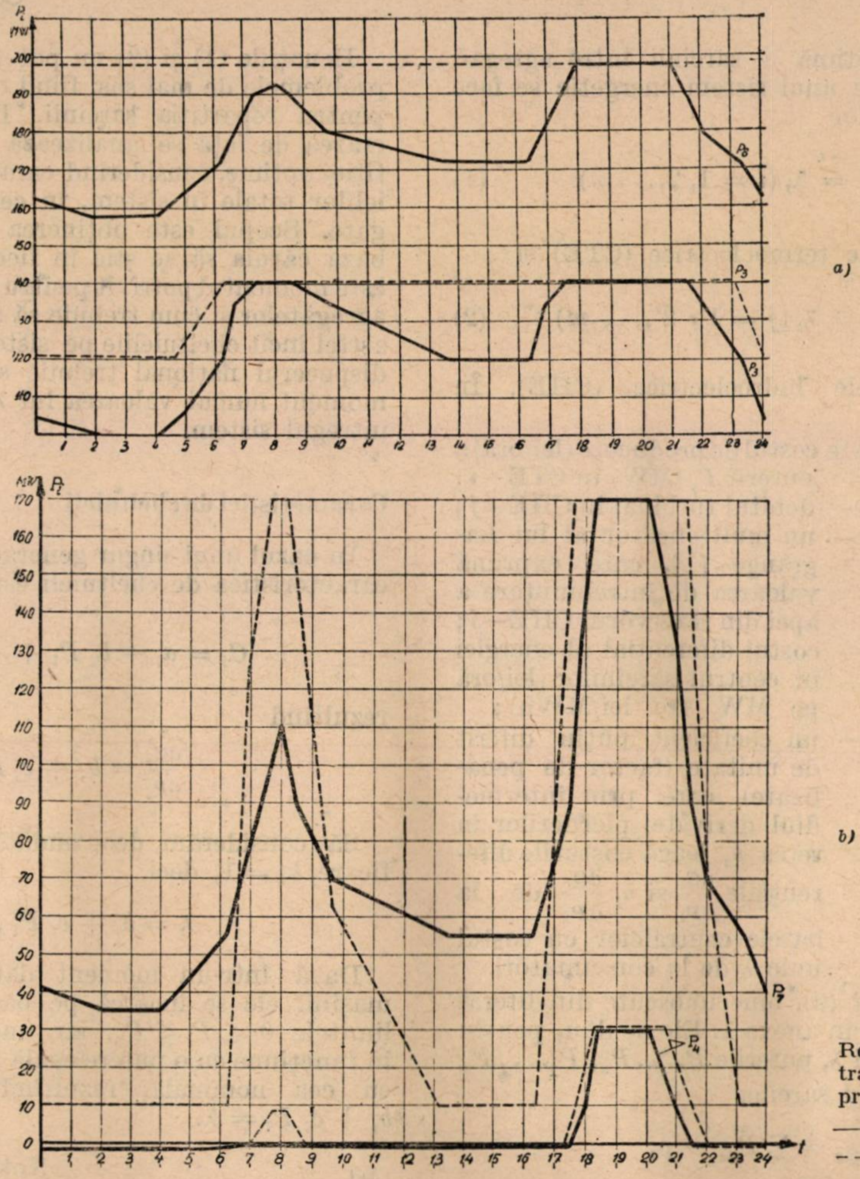


Fig. 7. *a* și *b*
Repartiția între centrale a puterii totale, prezentată în figura 6 :
——— repartiție optimă;
– – – repartiție de referință.

Concluzii

Studiile efectuate pe calculatorul analogic MECAN–II privind repartiția optimă a puterilor într-un sistem energetic au scos în evidență posibilitățile mari pe care el le oferă calculelor operative ale regimurilor economice de funcționare.

Avantajele sale pentru problema repartiției optime în sistemele cu producție mixtă termohidro, ținînd seamă de pierderile din rețele, constau în simplitatea cu care se formulează problema și se introduc datele de bază, marea sa elasticitate de lucru (posibilitatea de a schimba repede și simplu oricare din parametrii introduși, corespunzător unor noi situații existente în sistem), precum și în rapiditatea cu care se fac calculele pentru o anumită perioadă de timp.

Bibliografie

[1] Usov, S. V., Pavlov, G. M. și Kantan, V. V. *Reşenie zadaci naivîgodneişevo raspredeleniia aktivnîh nagruzok na analogovîh vîcislitelnîh maşinah.* Izvestiia Akademii Nauk SSSR. Energhetika i transport, nr. 6 1963, p. 667.

[2] Kirchmayer, L. K. *Economic operation of power systems.* J. Wiley & Sons, New-York, 1958.

[3] Popov, V. M., Tătaru N. și Băjenescu, M. *Calculatorul analogic neliniar MECAN–II.* Studii și cercetări de energetică, Seria A, nr. 2, 1963, p. 291.

[4] Arie, E., Pomîrleanu, M. și Nicolae, P. *Analiza factorilor ce determină repartiția economică a puterilor între centralele unui sistem energetic.* Studii și cercetări de energetică și electrotehnică, nr. 2, 1964.

Cu privire la repartiția optimă a sarcinii între centrale și agregate

Conf. ing. **A. Semlyén**

Repartiția optimă a sarcinii între agregatele și centralele unui sistem energetic se face pe baza ecuațiilor

$$k_i \frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i} = \lambda, (i = 1, 2, \ldots, n) \qquad (1)$$

pentru centralele termoelectrice (CTE) și

$$k_j \nu_j \frac{\mathrm{d}Q_j}{\mathrm{d}P_j} = \lambda, (j = 1', 2', \ldots, m) \qquad (2)$$

pentru centralele hidroelectrice (CHE). În aceste ecuații:

C_i este costul de producere (lei/oră) a puterii P_i (MW) în CTE$-i$;
Q_j — debitul turbinat în CHE$-j$;
ν_j — un multiplicator al lui Lagrange [1], care exprimă valoarea de întrebuințare a apei din rezervorul CHE$-j$;
λ — costul diferențial al energiei în centrul sarcinilor (lei/oră pe MW sau lei/MWh);
$k_{i,j} = \dfrac{1}{1 - \dfrac{\partial p}{\partial P_{i,j}}}$ — un coeficient puțin diferit de unitate (factor de penalizare), care, prin intermediul derivatei pierderilor în rețea p, leagă costurile diferențiale $\dfrac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i}$ și $\nu_j \dfrac{\mathrm{d}Q_j}{\mathrm{d}P_j}$ de la barele centralelor cu costul unic λ de la consumatori.

Ecuațiile (1) și (2), binecunoscute din literatură, sînt deduse în anexa 1. Ele ne dau, pentru orice valoare a lui λ, puterile $P_1 \ldots P_n$, $P_{1'} \ldots P_m$ optime, acoperind sarcina

$$P_{cons} = \sum P_{i,j} - p,$$

care apare deci ca funcție de λ. Prin urmare, în orice moment, λ se determină în funcție de P_{cons}, dat de curba de sarcină, iar relațiile (1) și (2) ne dau puterile centralelor.

În realitate, problema repartiției optime a sarcinii nu este rezolvată încă, deoarece ecuațiile (1) și (2) presupun $n + m$ unități în funcțiune, încărcabile cu o putere oarecare care rezultă din rezolvarea ecuațiilor (chiar negativă sau mai mare decît puterea nominală). Problema reală este mai complexă: se cere ca cheltuielile de producere a energiei să fie minime, ținînd seamă atît de puterile-limită admisibile ale agregatelor cît și de faptul că, datorită consumului (de abur, de apă) în gol, este mai economic ca o parte din agregate să nu fie în funcțiune.

Ecuațiile (1) și (2) nu pot răspunde la toate problemele de mai sus, fiind criterii diferențiale pentru repartiția sarcinii. De aceea, în lucrarea de față se analizează problema repartiției optime, considerînd caracteristicile cheltuielilor totale în sistem, în centrale și pe agregate. Scopul este obținerea unui criteriu pe baza căruia să se știe în fiecare centrală care este momentul potrivit pentru pornirea și oprirea agregatelor și cum trebuie să se încarce acestea, astfel încît cheltuielile pe sistem să fie minime; dispecerul național trebuie să indice în orice moment numai valoarea lui λ, valabilă pentru întregul sistem.

Caracteristici de cheltuieli

În cazul unui singur generator (sau centrală), caracteristica de cheltuieli este dată de relația

$$C_i = a_i + b_i P_i + \frac{c_i}{2} P_i^2, \qquad (3)$$

rezultînd

$$\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i} = b_i + c_i P_i.$$

Să considerăm deocamdată, pentru simplificare, $k_i = 1$, deci

$$\lambda = b_i + c_i P_i. \qquad (4)$$

Dacă într-un moment dat funcționează n mașini, ele se încarcă pe baza relației (4) în limitele $0 \leqslant P \leqslant P_n$, iar unele mașini vor fi în funcțiune cu o putere egală cu zero sau egală cu cea nominală, rezultînd pentru acestea $b_i + c_i P_i \neq \lambda$.

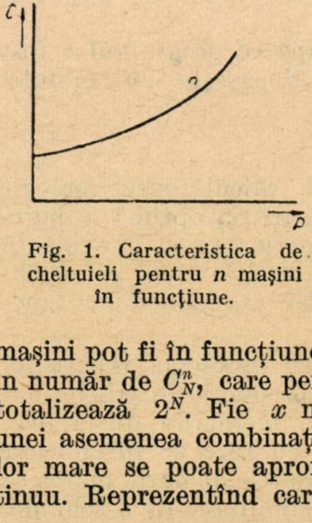


Fig. 1. Caracteristica de cheltuieli pentru n mașini în funcțiune.

Notînd

$$C = \sum C_i \qquad (5)$$

$$P = \sum P_i, \qquad (6)$$

pentru cele n mașini în funcțiune, rezultă o caracteristică de cheltuieli ca cea din figura 1.

Din totalul de N mașini ale sistemului, n mașini pot fi în funcțiune în diferite combinații, în număr de C_N^n, care pentru $n = 0, 1, 2, \ldots, N$ totalizează 2^N. Fie x numărul de ordine al unei asemenea combinații. Datorită numărului lor mare se poate aproxima că x crește continuu. Reprezentînd caracteristicile de cheltuieli ca în figura 1, avînd pe x ca parametru, se obţin curbele din figura 2.

Se observă că cheltuielile minime corespund funcţionării pe înfăşurătoarea caracteristicilor de cheltuieli, adică la o putere dată combinaţia optimă de maşini este aceea a cărei caracteristică este tangentă cu înfăşurătoarea la puterea respectivă. Nu s-au luat în considerare acele combinaţii de maşini la care rezultă caracteristici de cheltuieli netangente la înfăşurătoare, deoarece ele nu prezintă interes în exploatare (caracteristica 5′, fig. 2).

Înfăşurătoarea este deci o caracteristică de bază pentru întregul sistem, servind la rezolvarea problemei repartiţiei sarcinii, rezultînd şi combinaţia optimă de maşini şi prin urmare, după cum se va vedea, şi un criteriu pentru pornirea sau oprirea unei maşini date.

Modul de calcul al înfăşurătoarei este prezentat în anexa 2.

În unele cazuri simple, înfăşurătoarea poate fi determinată prin calcul. Ea porneşte din origine. În cazul unor maşini egale se obţine o dreaptă (pînă la o anumită putere), deci $\lambda = \text{const}$. Dreapta fiind tangentă la caracteristica de cheltuieli, rezultă ca punct de funcţionare optim cel la care preţul de cost $\frac{C_i}{P_i}$ este minim (ceea ce este natural), iar $\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i} = \frac{C_i}{P_i}$, însă diferit de valoarea sa minimă (fig. 3).

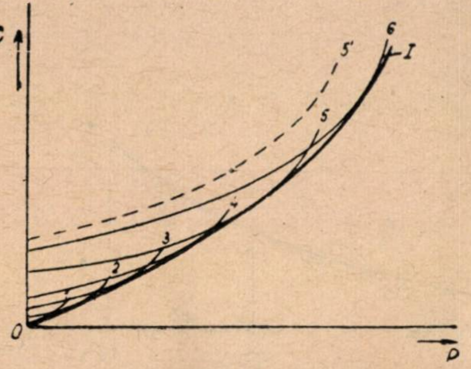


Fig. 2. Caracteristica de cheltuieli (1...6) şi înfăşurătoarea lor (I).

Calculul înfăşurătoarei pentru cazul simplu al maşinilor cu caracteristici de cheltuieli identice este prezentat în anexa 3.

În anexa 4 s-a efectuat, pentru o mai bună lămurire a condiţiilor de cooperare optimă, calculul înfăşurătoarei pentru un grup de maşini în ale căror caracteristici de cheltuieli variază un singur parametru.

În condiţiile unui sistem complex, caracteristica cheltuielilor totale minime în funcţie de puterea totală (curba înfăşurătoare) se obţine prin simpla însumare a puterilor şi a cheltuielilor individuale corespunzătoare (rel. 5 şi 6), presupunînd că sistemul funcţionează în condiţiile repartiţiei optime a sarcinii. Cu alte cuvinte, fiind cunoscută curba I (fig. 2) pînă la o anumită putere, derivata ei ne dă pe λ la puterea respectivă; la creşterea puterii cu o valoare nu prea mare, vor intra în funcţiune unele agregate noi — avînd caracteristici potrivite, precum se va arăta mai jos —, sarcina se va repartiza între toate agregatele sistemului, astfel ca $\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i}$ să aibă pentru toate aceeaşi valoare, iar apoi pe baza relaţiilor (5) şi (6) se determină un nou punct al curbei ş.a.m.d.

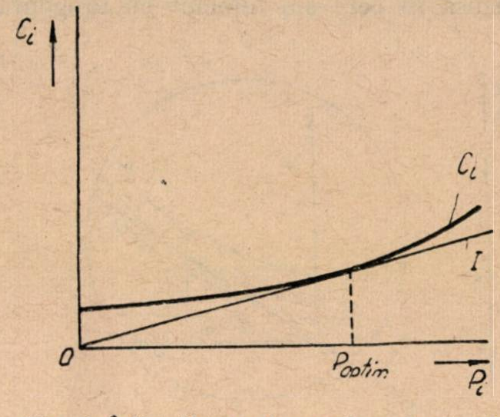


Fig. 3. Înfăşurătoarea în cazul unui grup de maşini identice.

Oportunitatea pornirii şi opririi agregatelor

În cele ce urmează se presupune cunoscută curba înfăşurătoare (fig. 4). Funcţionarea are loc într-un punct M la o putere totală P. Modificarea puterii agregatelor, la creşterea puterii totale, se face respectînd valoarea lui $\lambda \left(= \frac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}P}\right)$.

Vom arăta că pornirea şi a unui nou agregat (sau oprirea unui agregat) se face tot pe baza valorii lui λ, deşi prin aceasta se modifică cu o cantitate finită cheltuielile totale [cu mărimea a_i din relaţia (3)]. În orice caz, nu preţul de cost mediu din sistem, reprezentat prin tg α în figura 4, este indiciul pentru pornirea sau oprirea unei noi maşini.

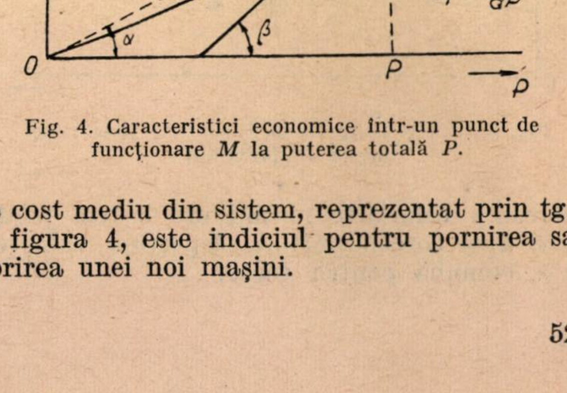


Fig. 4. Caracteristici economice într-un punct de funcţionare M la puterea totală P.

În figura 5 s-a reprezentat mărit partea încercuită din figura 4, din jurul punctului de funcționare *M*. Porțiunea din înfășurătoarea *I* cuprinsă în cerc s-a înlocuit cu tangenta ei în *M*. Să presupunem că la creșterea puterii totale nu modificăm încărcarea mașinilor în funcțiune, ci acoperim noua putere cu o nouă mașină, pe care o pornim și o încărcăm.

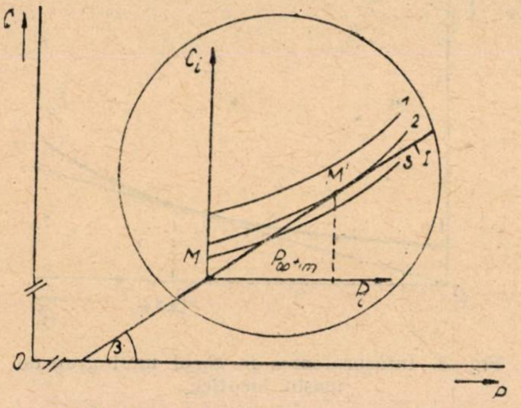


Fig. 5. Stabilirea oportunității pornirii unei mașini.

În primul rînd, putem observa că poziția punctului *M* pe dreapta *I* în interiorul cercului s-ar fi putut modifica chiar prin încărcarea mașinilor în funcțiune, panta dreptei *I* fiind λ. De aceea, la încărcarea nemodificată a mașinilor în funcțiune, pornirea unei noi mașini va fi oportună numai dacă punctul nou de funcționare nu rezultă deasupra dreptei *I*. Evident mașina avînd caracteristica *1* (fig. 5) încă nu poate fi pornită, iar mașina *3* trebuia să fi fost pornită încă mai înainte, cînd λ (reprezentat de tg β) avea valoare mai mică. Mașina care trebuie pornită la creșterea sarcinii este mașina *2*; ea trebuie să fie încărcată imediat la puterea sa optimă (punctul *M'*), iar încărcarea celorlalte mașini din sistem modificată apoi corespunzător, respectînd valoarea lui λ, comună pentru toate.

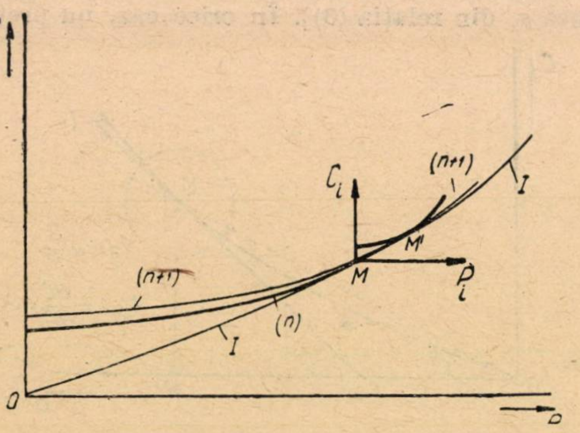


Fig. 6. Caracteristica de cheltuieli $(n + 1)$ cu noua mașină în funcțiune .

În felul acesta apare în locul caracteristicii pentru *n* mașini completate cu caracteristica mașinii *i*, caracteristica celor $n + 1$ mașini, care preiau împreună sarcina sistemului (fig. 6).

Din prezentarea de mai sus rezultă că un agregat va trebui pornit atunci cînd λ atinge valoarea minimă $\frac{C_i}{P_i}$, care corespunde punctului *M'*. Agregatul trebuie oprit cînd λ scade sub această valoare. Agregatul se va menține însă în funcțiune la valorile lui λ care întrec valoarea minimă a raportului $\frac{C_i}{P_i}$, rezultînd o încărcare P_{ec} cuprinsă întotdeauna (fig. 7) între P_{optim} și $P_n (\cong P_{max})$. Cînd λ devine mai mare decît $\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i}$, care corespunde puterii maxime a agregatului, acesta rămîne în funcțiune, însă nu poate contribui la preluarea sarcinii din sistem. Acest fapt duce la o încărcare mai rapidă a celorlalte mașini peste P_{optim} și la pornirea unor mașini cu caracteristici de cheltuieli mai puțin avantajoase, rezultînd astfel curbarea mai accentuată a caracteristicii cheltuielilor totale.

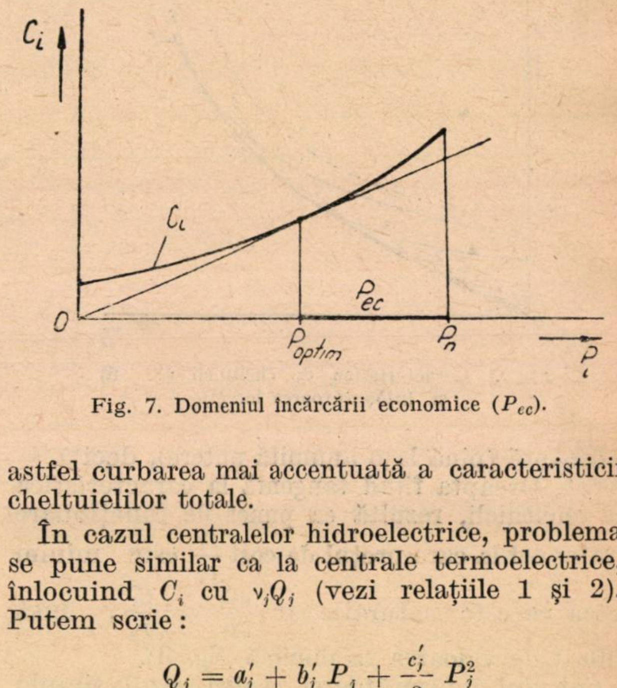


Fig. 7. Domeniul încărcării economice (P_{ec}).

În cazul centralelor hidroelectrice, problema se pune similar ca la centrale termoelectrice, înlocuind C_i cu $\nu_j Q_j$ (vezi relațiile 1 și 2). Putem scrie:

$$Q_j = a_j' + b_j' P_j + \frac{c_j'}{2} P_j^2$$

și

$$\nu_j Q_j = a_j'' + b_j'' P_j + \frac{c_j''}{2} P_j^2,$$

relații asemănătoare cu (3).

Prin urmare apare mărimea de calcul $\nu_j Q_j$, care exprimă costul debitului turbinat (lei/oră), ν_j fiind un cost specific (lei/m³). Cu cît ν_j se alege mai mare, cu atît centrala hidroelectrică respectivă va fi utilizată un timp mai scurt, volumul de apă folosit fiind mai mic. Acesta însă fiind impus de volumul rezervorului, rezultă și o valoare bine determinată pentru ν_j.

Coeficienții de penalizare k_i (sau k_j) pot fi considerați ca fiind corecții la valoarea lui λ, rezultînd $\lambda_i = \frac{\lambda}{k_i}$ (sau corecții la valoarea lui C_i, rezultînd $C'_i = k_i\, C_i$). Dispecerul național poate calcula pe k_i în momentul premergător intrării probabile în funcțiune a centralei i (considerînd și puterea optimă a acestuia) pe baza relației :

$$k_i = \frac{1}{1 - \frac{\partial p}{\partial P_i}} = \frac{1}{1 - 2\sum\limits_m B_{im} P_m} \cong 1 + 2 \sum_m B_{im} P_m,$$

în care B_{im} sînt coeficienții formulei de pierderi :

$$p = \sum_{i,\, m} P_i\, B_{im}\, P_m\,.$$

În concluzie, *costul diferențial* λ al energiei în centrul de consum și coeficienții de penalizare k_i *determină nu numai repartiția optimă a puterii pe agregatele în funcțiune, ci și oportunitatea pornirii și a opririi lor.* (În cadrul acestei lucrări nu s-a ținut seamă și de alte considerente tehnice și economice care ar putea influența oportunitatea pornirii și a opririi agregatelor). Pe baza acestor mărimi, determinate de un serviciu central de dispecer, preluarea sarcinii sistemului de către agregatele din centrale poate fi efectuată în mod descentralizat. Neexactitățile care rezultă se egalează prin intermediul sistemului de reglare a frecvenței în sistem.

Stimulentul material

S-a văzut că, fiind cunoscută o singură mărime de bază pentru întregul sistem, costul diferențial λ și mărimile auxiliare k_i, modul de funcționare a întregului sistem în condițiile economice optime este determinat. Determinarea lui λ în orice moment se poate realiza într-un mod relativ simplu, cu un dispozitiv automat, ținînd seamă de faptul că din valoarea lui λ rezultă valoarea puterii totale generate în sistem ; dacă, de exemplu, această putere este prea mică (în raport cu cea consumată), rezultă o micșorare a frecvenței f în raport cu o valoare de consemn f_0, cu toate că frecvența se reglează ; această deviere a frecvenței influențează dispozitivul indicator pentru λ, corespunzător relației $\frac{d\lambda}{dt} = k\,(f_0 - f)$. În această lucrare nu vom prezenta detaliile acestei probleme.

Determinarea coeficienților k_i se poate efectua pe baza formulei de pierderi [2] sau a unui model (cu rezistențe) al rețelelor sistemului energetic [3], [4], la care puterile active și reactive de la consumatori și centrale se modelează prin curenți.

Determinarea oportunității funcționării și a încărcării optime a fiecărui agregat în parte se poate face fie de către dispecerul central, fie de către dispecerii centralelor, fie de ambii. În primul caz, însă, se necesită transmiterea unui număr prea mare de comenzi de la dispecerul național către centrale și, în sens invers, un număr mare de informații pentru control. În cazul cînd determinarea oportunității funcționării și a încărcării optime se face la centrale, este util un stimulent material, pentru ca centralele să fie interesate în funcționarea cu economicitate maximă și să nu facă lucrul acesta exclusiv din spirit de disciplină și sub constrîngerea unui control.

Determinarea mersului economic optim și de către serviciul de dispecer este justificată prin necesitatea cunoașterii stării de funcționare a sistemului și a determinării coeficienților k_i, precum și a utilității unui control asupra centralelor, privind respectarea condițiilor de funcționare, pe baza mărimii lui λ (și k_i), adusă la cunoștința lor.

Este interesant de observat faptul că problema repartizării optime se simplifică sub aspectul comenzii centralelor, dacă în loc de puterile optime se transmite de către dispecer unica mărime λ (factorii de penalizare rezultă aproximativ aceiași pentru un moment dat al zilei, respectiv la o putere P_i dată). Acest rezultat este firesc, întrucît problema pusă are caracter economic, iar λ este un indicator cu dimensiunea și caracterul unui preț, permițînd să se obțină o *optimizare pe unități, care concordă cu optimizarea economică în întregul sistem.*

Dacă se consideră centralele ca unități de producție cu autonomie economică deplină (condiție întru totul ipotetică), λ va trebui să fie chiar prețul de cumpărare a energiei electrice de la centralele sistemului (făcînd abstracție de faptul că prețul trebuie să acopere și cheltuielile legate de fondurile fixe ale centralelor). Într-adevăr, organul central (cumpărătorul) va trebui să ofere acel preț pentru a putea obține de la centrale puterea totală necesară, care să acopere cheltuielile de producție, și a centralei cel mai puțin economice, care trebuie să intre și ea în funcțiune pentru a totaliza puterea cerută ; or, ultima centrală care intră în funcțiune are prețul de cost chiar egal cu λ.

Considerînd pe λ_i ca un preț al energiei electrice în centrala i $\left(\lambda_i = \frac{\lambda}{k_i}\right)$, indiferent că acesta este un preț real care servește pentru decontări, sau numai un indicator fictiv, pe baza lui rezultă un venit maxim în centrala i, dacă funcționarea are loc în acel punct al caracteristicii de cheltuieli în care panta este egală chiar cu λ_i (fig. 8). Dacă C_i^* rezultă mai mic decît C_i, funcționarea centralei nu este oportună, iar dacă λ_i crește, centrala va funcționa cu puteri din ce în ce mai mari, limitate de cea maximă. În felul acesta rezultă diagrama de încărcare, funcție de λ_i (fig. 9). Aceasta va indica modul de comandă a fiecărei mașini, chiar în centrală.

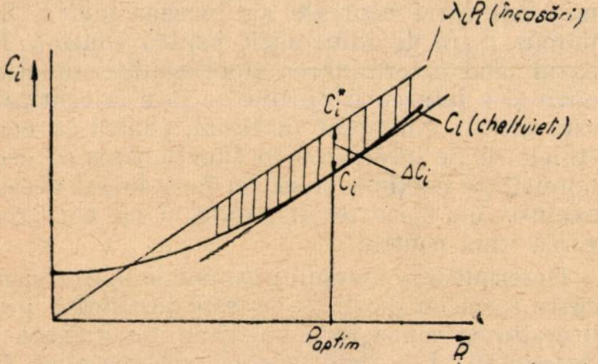


Fig. 8. Încărcarea optimă pe baza lui λ_i, considerat ca preț al energiei electrice.

Abaterea diferenței $\Delta C_i = C_i^* - C_i$ de la valoarea sa maximă este proporțională cu pătratul abaterii de la valoarea sa optimă :

$$\Delta C_{i\,optim} - \Delta C_i = K\,(P_i - P_{i\,optim})^2.$$

În condițiile economiei socialiste, prețurile au un caracter planificat, sînt stabile și sînt corelate ținînd seamă de valoarea de întrebuințare [5], [6]. De aceea nu poate fi vorba de a considera λ_i ca un preț real. Este însă util ca λ_i și C_i^* să fie interpretate ca valoarea unitară, respectiv totală, a energiei (livrată de centrala i, la barele acesteia), astfel încît $\Delta C_i = C_i^* - C_i$ (fig. 8) să reprezinte realizarea valorică netă în centrală peste cheltuielile de producție individuale. Această realizare valorică netă trebuie maximizată. Ea ar putea fi tratată și ca un venit net.

Cu cît centrala respectivă are randament mai ridicat, cu atît ea va funcționa un număr mai mare de ore pe an, înregistrînd și venituri nete mai mari. Acest fapt este în concordanță cu costul mai ridicat al unor asemenea centrale. În anexa 5 se prezintă calculul acestor sume, într-un caz mai simplu. În anexa 6 se indică modul de determinare a cheltuielilor anuale totale în centralele sistemului pe unitatea de energie, ținînd seamă și de cheltuielile legate de fondurile fixe.

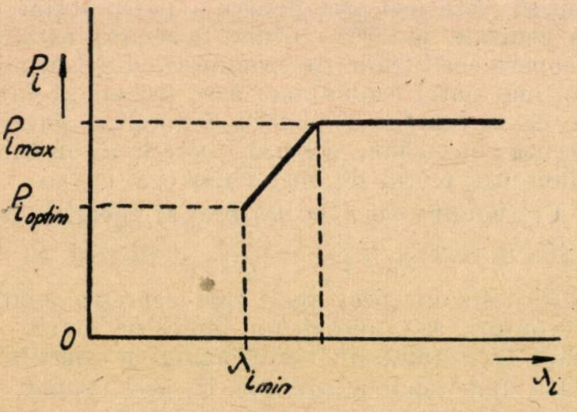


Fig. 9. Diagrama de încărcare a unui agregat.

Valoarea totală C^* a energiei pe ansamblul sistemului rezultă, prin urmare, mai mare decît cheltuiala totală de producție C. Diferența însă nu se pierde, ea apare o dată la consumatori (sau organul central de comandă, dispecer) și reapare, cu semn contrar, la centralele sistemului. De aceea, la fixarea prețului energiei electrice, această diferență nu are nici o influență. Considerarea valorii C_i^* a energiei, în combinație cu cheltuiala sa reală de producere C_i, este însă deosebit de utilă pentru ușurarea exploatării economice a sistemului.

Anexa 1

Deducerea ecuațiilor de coordonare

Se cere ca în CTE ($i = 1, 2, \ldots, n$) :

$$\int_0^T \Big(\sum_i C_i\Big)\,\mathrm{d}t = min. \qquad (A.1)$$

În același timp, volumul de apă disponibil din rezervorul de acumulare al CHE ($j = 1', 2', \ldots, m$) este :

$$\int_0^T Q_j\,\mathrm{d}t = V_j = \text{dat}. \qquad (A.2)$$

Puterea tuturor CTE și CHE acoperă pierderile în rețea, p, și consumul impus de consumatori :

$$\sum P_{i,j} - p - P_{cons.} = 0. \qquad (A.3)$$

Înmulțind relațiile (A.2) cu constantele ν_j (adică ν_1, ν_2', …, ν_m) și adunîndu-le cu (A.1), obținem :

$$\int_0^T \Big(\sum_i C_i\Big)\,\mathrm{d}t + \sum_j \nu_j \int_0^T Q_j\,\mathrm{d}t = min,$$

sau

$$\int_0^T \Big(\sum_i C_i + \sum_j \nu_j Q_j\Big)\,\mathrm{d}t = min,$$

de unde rezultă condiția

$$\sum_i C_i + \sum_j \nu_j Q_j = min. \qquad (A.4)$$

Înmulțind acum (A.3) cu $-\lambda$ și adunînd cu (A.4), se obține :

$$S = \sum_i C_i + \sum_j \nu_j Q_j - \lambda\Big(\sum P_{i,j} - p - P_{cons.}\Big) = min.$$

Anulînd derivatele parțiale ale lui S

$$\frac{\partial S}{\partial P_i} \text{ și } \frac{\partial S}{\partial P_j},$$

obținem ecuațiile de coordonare :

$$\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i} - \lambda\left(1 - \frac{\partial p}{\partial P_i}\right) = 0,$$

$$\nu_j\,\frac{\mathrm{d}Q_j}{\mathrm{d}P_j} - \lambda\left(1 - \frac{\partial p}{\partial P_j}\right) = 0. \qquad (A.5)$$

Relațiile (A.5) se pot aduce direct la forma (1), (2).

Anexa 2

Metoda determinării înfăşurătoarei

Fie

$$C = C\,(P,\, x) \qquad \text{(A.6)}$$

funcţia care exprimă cheltuielile totale la o combinaţie de maşini avînd numărul de ordine x. Combinaţia proximă, cea mai apropiată, va avea numărul de ordine $x + 1$, pentru care se va putea însă scrie $x + \mathrm{d}x$, considerînd o creştere continuă a lui x. Prin urmare:

$$C_{x+\mathrm{d}x} = C\,(P,\, x + \mathrm{d}\,x) = C\,(P,\, x) + \frac{\partial C}{\partial x}\,\mathrm{d}x. \qquad \text{(A.7)}$$

Un punct al înfăşurătoarei este comun ambelor curbe (A.6) şi (A.7). Egalînd ordonatele, rezultă condiţia:

$$\frac{\partial C}{\partial x} = 0, \qquad \text{(A.8)}$$

unde membrul stîng este o funcţie de P şi x.

Ecuaţia înfăşurătoarei se obţine eliminînd pe x din (A.6), folosind relaţia (A.8).

Anexa 3

Calculul înfăşurătoarei la maşini identice

Considerăm că maşinile care funcţionează în paralel au caracteristici (3) identice, adică

$$C_i = a + bP_i + \frac{c}{2}\,P_i^2\,.$$

La x maşini în funcţiune avem:

$$P = x\,P_i$$

$$C = x\,C_i = ax + b\,x\,P_i + \frac{c}{2x}\,x^2 P_i^2 = ax + bP + \frac{c}{2x}\,P^2. \qquad \text{(A.9)}$$

Înlocuind în (A.8), se obţine:

$$\frac{\partial C}{\partial x} = a - \frac{c}{2\,x^2}\,P^2 = 0,$$

de unde

$$x = P\sqrt{\frac{c}{2a}}, \qquad \text{(A.10)}$$

adică numărul de maşini în funcţiune trebuie să fie proporţional cu puterea, fiecare maşină fiind încărcată cu

$$P_i = \frac{P}{x} = \sqrt{\frac{2a}{c}}\,. \qquad \text{(A.11)}$$

La această încărcare, preţul de cost

$$\frac{C}{P} = \frac{C_i}{P_i} = \frac{a}{P_i} + b + \frac{c\,P_i}{2}$$

devine minim, ceea ce se verifică anulîndu-i derivata în raport cu P_i. Valoarea acestui minim este:

$$\left(\frac{C_i}{P_i}\right)_{min} = b + \sqrt{2\,a\,c},$$

egală totodată cu valoarea derivatei $\dfrac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i}$ la aceeaşi abscisă.

Înlocuind pe x din (A.10) în (A.9), obţinem expresia înfăşurătoarei

$$C = P\left(b + \sqrt{2\,ac}\right). \qquad \text{(A.12)}$$

Ea este, prin urmare, o dreaptă (tangenta dusă din origine la caracteristica de cheltuieli şi corespunzînd preţului de cost minim), pînă la puteri care, cu numărul disponibil de maşini, pot fi acoperite cu încărcarea optimă pe maşină, dată de relaţia (A.11). La puteri mai mari, înfăşurătoarea se curbează.

Anexa 4

Calculul înfăşurătoarei pentru un grup de maşini avînd un parametru variabil

Se consideră un grup de maşini, de puteri egale, cu coeficienţii a şi c aceiaşi, iar b variabil continuu:

$$b_x = b_0\,(1 + x), \quad (x_{max} \geqslant x \geqslant 0),$$

x fiind numărul de ordine (indicele maşinii), care la un număr mare de maşini se presupune că variază continuu. Indicele 0 se referă la prima maşină, iar x_{max} la ultima. Un interval $\Delta x = 1$ cuprinde n maşini, deci la o maşină corespunde $\Delta x = \dfrac{1}{n}$.

Avem (rel. 4):

$$\lambda = b_x + cP_x = b_0\,(1 + x) + cP_x. \qquad \text{(A.13)}$$

Astfel, încărcarea P_x rezultă în funcţie de λ şi de indicele x al maşinii (fig. 10). O maşină va fi în funcţiune numai cu

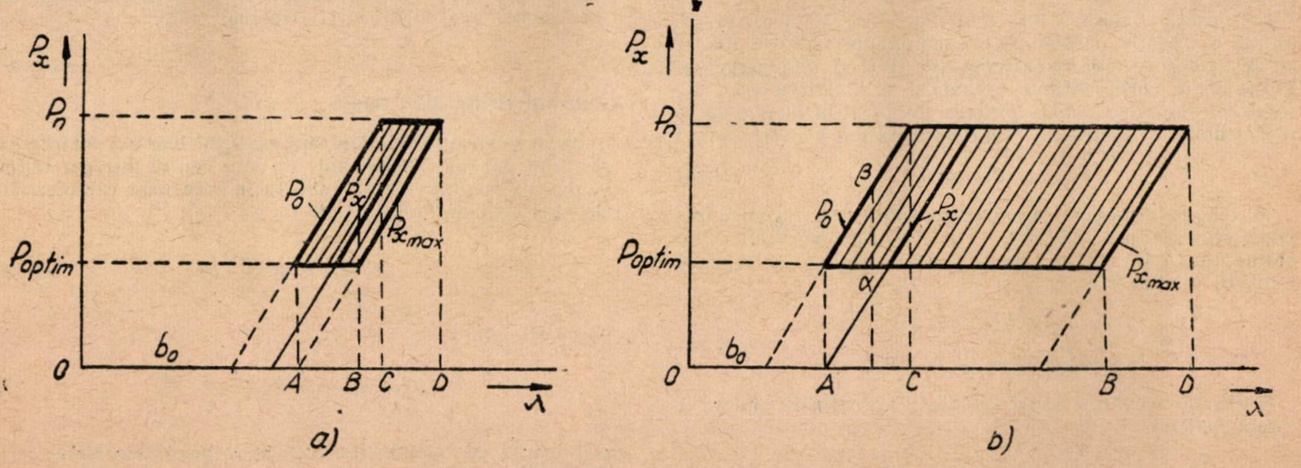


Fig. 10. Încărcarea maşinii în funcţie de λ.
a – grup mic de maşini ($\lambda_B < \lambda_C$); b – grup mare de maşini ($\lambda_B > \lambda_C$).

încărcări cuprinse între P_{optim} și P_n (fig. 7), unde, conform relației (A.11)

$$P_{optim} = \sqrt{\frac{2a}{c}},$$

deci este același pentru toate mașinile, în cazul pe care-l considerăm aici (a și c constante).

Pentru o mașină dată (x = dat), se obține din (A.13) prin diferențiere

$$\mathrm{d}P_x = \frac{\mathrm{d}\lambda}{c}.$$

Numărul de mașini ale căror puteri variază rezultă din numărul de linii oblice intersectate de o dreaptă cu λ = const. (de exemplu dreapta $\alpha-\beta$ din fig. 10, b). Se observă că în partea centrală a diagramelor (între λ_B și λ_C) numărul N al mașinilor ale căror puteri variază este constant, avînd valoarea în cazul figurii 10,a:

$$N = n\,x_{max},$$

iar în cazul figurii 10,b:

$$N = n\frac{c\,(P_n - P_{optim})}{b_0}.$$

În celelalte domenii ale diagramelor, N variază liniar cu λ, avînd valoarea zero la λ_A și λ_D.

Variația puterii celor N mașini va fi:

$$\mathrm{d}P' = N\mathrm{d}P_x = \frac{N\mathrm{d}\lambda}{c}, \tag{A.14}$$

care la N = const. ne dă, prin integrare:

$$\Delta P' = \frac{N\,\Delta\lambda}{c}.$$

În afară de creșterea puterii $\Delta P'$, care rezultă din încărcarea simultană a tuturor mașinilor, mai apare între λ_A și λ_B o creștere $\Delta P''$ prin punerea în funcțiune a unui număr de $n\,\Delta x = n\dfrac{\Delta\lambda}{b_0}$ mașini (vezi rel. A.13) cu încărcarea P_{optim}:

$$\Delta P'' = n\,\Delta\,x\,P_{optim} = n\frac{\Delta\lambda}{b_0}\,P_{optim},$$

rezultînd o creștere totală a puterii

$$\Delta P = \Delta P' + \Delta P''$$

proporțională cu $\Delta\lambda$.

La variația liniară a lui N în raport cu λ din (A.14) se obține o variație parabolică a componentei $\Delta P'$ în raport cu $\Delta\lambda$ (considerat de la extremitățile A și D ale diagramei). Porțiunile de curbe obținute trebuie să se racordeze între ele, rezultînd diagrama pentru puterea totală P în funcție de λ, reprezentată în figura 11. Valoarea maximă a puterii este:

$$P_{max} = P_n \cdot n x_{max}. \tag{A.15}$$

În cele ce urmează, caracteristica obținută o vom aproxima prin dreapta AD' (fig. 11). Abscisa punctului A se obține din (A.13) punînd $x = 0$ și $P_x = P_{optim}$, iar a punctului D, punînd $x = x_{max}$ și $P_x = P_n$:

$$\begin{aligned}\lambda_A &= b_0 + cP_{optim}\\ \lambda_D &= b_0(1 + x_{max}) + c\,P_n.\end{aligned} \tag{A.16}$$

O abscisă oarecare va fi, pe baza aproximării liniare a caracteristicii:

$$\lambda = \lambda_A + (\lambda_D - \lambda_A)\frac{P}{P_{max}},$$

sau, ținînd seama de (A.15) și (A.16):

$$\lambda = b_0 + cP_{optim} + \frac{P}{n}\left[\frac{b_0}{P_n} + \frac{c}{x_{max}}\cdot\frac{P_n - P_{optim}}{P_n}\right]. \tag{A.17}$$

Cum $\lambda = \dfrac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}P}$, din integrarea relației (A.17) se obține:

$$C = (b_0 + c\,P_{optim})\,P + \frac{P^2}{2\,n}\left[\frac{b_0}{P_n} + \frac{c}{x_{max}}\cdot\frac{P_n - P_{optim}}{P_n}\right] + anx_{max} \tag{A.18}$$

Ultimul termen reprezintă cheltuielile la mers în gol.

Pentru determinarea înfășurătoarei, anulăm, corespunzător condiției (A.8), derivata lui C în raport cu x_{max}:

$$\frac{\partial C}{\partial x_{max}} = -\frac{P^2c}{2\,n\,x_{max}^2}\cdot\frac{P_n - P_{optim}}{P_n} + a\,n = 0.$$

Calculînd pe x_{max} și înlocuindu-l în (A.18), obținem:

$$C = P\left(b_0 + c\,P_{optim} + \sqrt{2ac\,\frac{P_n - P_{optim}}{P_n}}\right) + \frac{P^2\,b_0}{2\,n\,P_n}. \tag{A.19}$$

Se observă prin urmare, în acest caz, în comparație cu caracteristica liniară de cheltuieli (A.12), o curbare a caracteristicii, cu atît mai pronunțată cu cît coeficientul b_0, care este supus unei modificări, este mai mare.

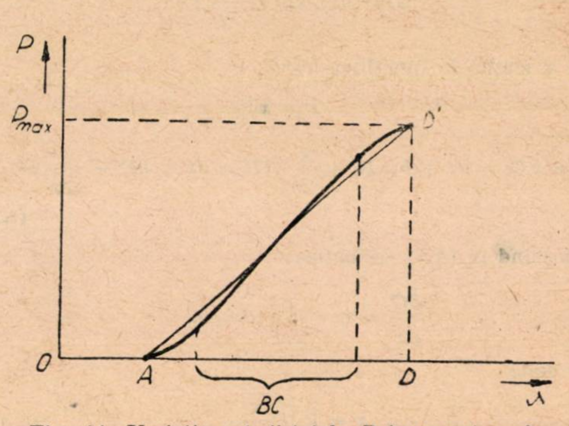


Fig. 11. Variația puterii totale P în raport cu λ.

Anexa 5

Calculul cheltuielilor totale

Ne propunem să calculăm suma cheltuielilor într-un interval de timp dat (de exemplu într-un an), pentru întregul sistem și pentru mașinile individuale, în ipoteza unor caracteristici de cheltuieli de forma (A.19):

$$C = bP + \frac{c}{2}\,P^2, \tag{A.20}$$

respectiv (3):

$$C_i = a_i + b_i\,P_i + \frac{c_i}{2}\,P_i^2$$

și o curbă de sarcină (fig. 12) ce se poate aproxima cu o dreaptă:

$$P = kt' \tag{A.21}$$

În figura 12, t este intervalul de timp în care puterea are o valoare mai mare decît P. Într-un interval de timp $dt'(= -dt)$, puterea este cuprinsă între P şi $P + dP$.

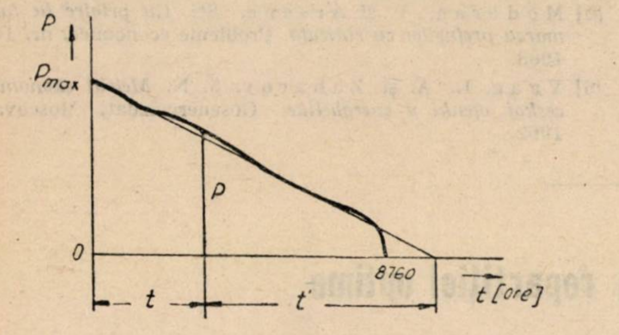


Fig. 12. Curba sarcinilor ordonate.

Cheltuielile totale se calculează, ţinînd seamă de aproximaţia (A.21), cu relaţia:

$$S = \int C\, dt' = \int C \frac{dt'}{dP} dP = \frac{1}{k} \int C\, dP, \qquad (A.22)$$

respectiv

$$S^\star = \frac{1}{k} \int C^\star dP = \frac{1}{k} \int \lambda P dP = \frac{1}{k} \int \frac{dC}{dP} P dP =$$

$$= \frac{1}{k} \int P dC. \qquad (A.23)$$

Integralele din relaţiile (A.22) şi (A.23) au o semnificaţie grafică deosebit de simplă.

Înlocuind (A.20), se obţine:

$$S = \frac{1}{k} \left[\frac{b\, P_{max}^2}{2} + \frac{c\, P_{max}^3}{6} \right],$$

$$S^\star = \frac{1}{k} \left[\frac{b\, P_{max}^2}{2} + \frac{c\, P_{max}^3}{3} \right],$$

de unde rezultă cheltuiala suplimentară:

$$\Delta S = S^\star - S = \frac{c\, P_{max}^3}{6k}.$$

În cazul maşinilor individuale, integrările trebuie efectuate numai de la puterea $P_{i\,optim}$ (fig. 7), la care ele intră în funcţiune. În intervalul de la $P_{i\,optim}$ la P_{in} avem, ţinînd seamă de (3):

$$\Delta C_i = \frac{dC_i}{dP_i} P_i - C_i = \frac{c_i}{2} P_i^2 - a_i = \frac{c_i}{2} (P_i^2 - P_{i\,optim}^2).$$

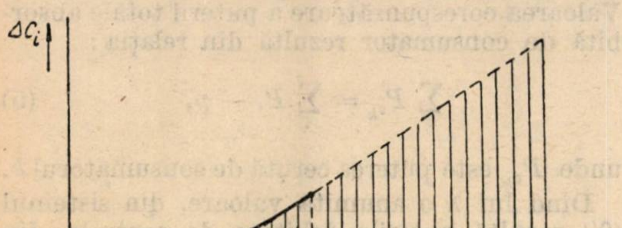


Fig. 13. Variaţia lui ΔC_i în raport cu timpul.

Dacă presupunem că P_i variază proporţional cu timpul, rezultă reprezentarea grafică din figura 13.

După atingerea puterii nominale P_{in}, încărcarea maşinii şi deci şi C_i rămîn constante, iar

$$C_i^\star = \lambda P_{in} = (b + cP)\, P_{in} \qquad (A.24)$$

creşte, conform ipotezei (A.21), proporţional cu timpul, rezultînd pentru ΔC dreapta punctată din figura 13.

Integrala lui ΔC_i este dată de suprafaţa haşurată de sub curbă. Ea poate fi aproximată cu suprafaţa de sub dreaptă (pînă la punctul A). Aceasta corespunde unor cheltuieli ce se însumează începînd cu timpul cînd maşina are o încărcare medie (corespunzătoare punctului A), în întregul interval de mers în plină sarcină. Fie T_i acest timp (fig. 13). Obţinem (considerînd în expresia lui ΔC_i numai partea variabilă a lui λ) (vezi rel. A.24):

$$\Delta S_i = \int_0^{T_i} \Delta C_i\, dt' = \int_0^{T_i} (\lambda P_{in} - C_{in})\, dt' = \int_0^{T_i} cPP_{in}\, dt' =$$

$$= \int_0^{T_i} c k t' \cdot P_{in}\, dt' = \frac{c k P_{in} T_i^2}{2}.$$

Anexa 6

Calculul cheltuielilor pe 1 MWh

Să considerăm o centrală a sistemului avînd o putere de dP MW. Ea va funcţiona aproape tot timpul cu puterea nominală.

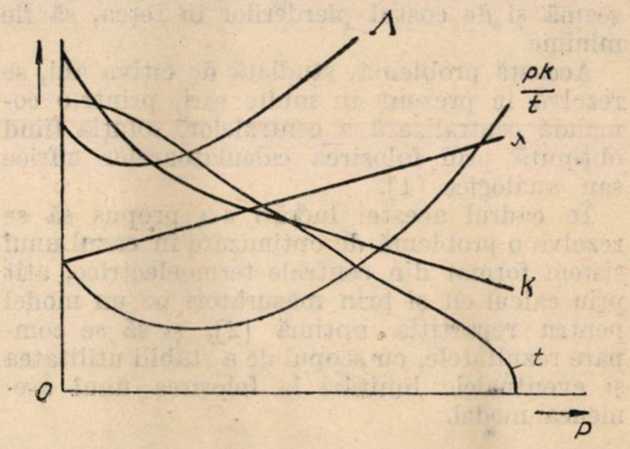


Fig. 14. Variaţia mărimilor care servesc la aprecierea economicităţii diferitelor centrale.

Fie

λ_0 — costul de producere a unei MWh la puterea nominală, egal cu aproximaţie cu valoarea λ la care centrala intră în funcţiune;
K — costul unui MW instalat în centrala considerată;
p — coeficientul economicităţii investiţiilor [6].

Costul energiei debitate într-un an va fi $\lambda \cdot dPt$, iar suma care rezultă din considerarea şi a costului centralei va fi

$$\lambda dPt + pKdP \text{ (lei)}$$

sau, raportînd-o la energia dPt produsă, se obţine:

$$\Lambda = \lambda + \frac{pK}{t} \text{ (lei/MWh)}. \qquad (A.25)$$

În figura 14 s-au reprezentat, în funcţie de P, diferitele mărimi care apar în expresia (A.25). Se constată că Λ prezintă la unele puteri valori mici, indicînd astfel care este tipul de centrală care debitează energie în condiţiile cele mai economice.

Bibliografie

[1] Kirchmayer, L. K. *Economic control of interconnected systems.* John Willey & Sons, New-York, 1959.

[2] Kirchmayer, L. K. *Economic operation of power systems.* John Willey & Sons, New-York, 1958.

[3] Semlyén, A. *Determinarea pe model a repartizării optime a sarcinii între centrale, ţinînd seamă de pierderile în reţea.* Energetica nr. 2, 1961.

[4] Semlyén, A. *Probleme privind determinarea repartizării optime a puterilor între centrale cu un calculator analogic.* Energetica, nr. 6, 1962.

[5] Modoran, V. şi Arsene, St. *Cu privire la formarea preţurilor cu ridicata.* Probleme economice, nr. 10, 1963.

[6] Vaag, L. A. şi Zaharov, S. N. *Metodi ekonomiceskoi oţenki v energhetike.* Gosenergoizdat, Moscova, 1962.

Studii comparative privind determinarea repartiţiei optime a sarcinii pe centrale prin modelare

Conf. ing. **A. Semlyén**, şef de lucrări ing. **C. Bucea** şi şef de lucrări ing. **O. Crişan**

Problema

O dată cu dezvoltarea sistemelor energetice şi extinderea interconexiunii, apare tot mai evidentă necesitatea unor metode pentru determinarea repartiţiei sarcinii între centrale, astfel încît cheltuielile totale pe sistem, ţinînd seamă şi de costul pierderilor în reţea, să fie minime.

Această problemă, studiată de cîţiva ani, se rezolvă în prezent în multe ţări, printr-o comandă centralizată a centralelor, soluţia fiind obţinută prin folosirea calculatoarelor cifrice sau analogice [1].

În cadrul acestei lucrări s-a propus să se rezolve o problemă de optimizare în cazul unui sistem format din centrale termoelectrice, atît prin calcul cît şi prin măsurători pe un model pentru repartiţia optimă [2], şi să se compare rezultatele, cu scopul de a stabili utilitatea şi eventualele limitări la folosirea unui asemenea model.

Soluţia teoretică

Formula cunoscută de pierderi este:

$$p = \sum_i \sum_j P_i B_{ij} P_j, \tag{1}$$

în care:

p sînt pierderile în reţea;
P_i, P_j — puterile surselor;
B_{ij} — constantele de pierderi.

Ecuaţia de optimizare este:

$$\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i} + \lambda \frac{\partial p}{\partial P_i} = \lambda, \tag{2}$$

în care:

$\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i}$ este cosutl diferenţial (lei/MWh) în centrala i, funcţie de puterea totală P_i, debitată de aceasta;
$\frac{\partial p}{\partial P_i}$ — derivata parţială în raport cu P_i a pierderilor totale în reţea;
λ — costul diferenţial la consumator.

Costul diferenţial $\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i}$ are, în raport cu P_i, adesea o dependenţă aproximativ liniară:

$$\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i} = a_i P_i + b_i. \tag{3}$$

Din (1) rezultă:

$$\frac{\partial p}{\partial P_i} = \sum_j 2B_{ij} P_j. \tag{4}$$

Prin urmare, sistemul de ecuaţii (2) se poate scrie:

$$a_i P_i + b_i + \lambda \sum_j 2B_{ij} P_j = \lambda, \tag{2'}$$

care reprezintă un sistem de n ecuaţii cu n necunoscute ($P_1, P_2, \ldots, P_n$), avînd pe λ ca parametru.

Soluţia acestui sistem dă repartiţia optimă a puterii între centrale pentru un anumit λ. Valoarea corespunzătoare a puterii totale absorbită de consumator rezultă din relaţia:

$$\sum_k P_{c_k} = \sum_i P_i - p, \tag{5}$$

unde P_{c_k} este puterea cerută de consumatorul k.

Dînd lui λ o anumită valoare, din sistemul (2′) rezultă puterile debitate de centrale, din (1) pierderile în sistem, iar din (5) puterea totală cerută de consumatori, pe care o acoperă repartiţia calculată. Se obţin astfel, în funcţie de λ, atît puterile consumatorilor $\sum_k P_{c_k}$ corespunzătoare curbei de sarcină, cît şi puterile din centrale $P_1, P_2, \ldots, P_n$ la repartiţia optimă. Pentru a parcurge întreaga curbă de sarcină, λ trebuie să primească toate valorile corespunzătoare puterilor consumatorilor.

Soluția experimentală

În cazul existenței mai multor centrale, problema determinării prin calcul a repartiției optime a sarcinilor pe centrale este o problemă dificilă, necesitînd calcule laborioase. De aceea pentru rezolvarea ei este utilă folosirea unei metode analogice de calcul. În literatură se indică astfel de metode [2], [3], care rezolvă problema printr-un model de curent continuu, de construcție simplă, cu funcționare imediată.

Principiul de construcție a unui astfel de calculator analogic, folosit în lucrarea de față, se stabilește pe baza următoarelor considerente [2]:

Din (3) se obține în unități relative

$$\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}P_i} = a_i P_i + b_i = b_0 \left[1 + 2e_i + 2r_i \left(1 + U_i'\right) I_i'\right],$$

unde:

b_0 este o valoare medie (ponderată) a valorilor lui b_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$;
e_i — tensiune adițională în model;
r_i — rezistența care reproduce panta caracteristicii de cheltuieli (3).

Tensiunile adiționale s-au calculat cu relația:

$$2e_i = \frac{b_i - b_0}{b_0}, \tag{6}$$

iar rezistențele de pantă cu relația:

$$2r_i = \frac{a_i}{b_0}. \tag{7}$$

Cu indicele prim s-au notat componentele active ale tensiunii, respectiv curentului. U_i' este căderea de tensiune de la un punct de intrare în sistem pînă în centrul de consum, unde tensiunea s-a considerat egală cu unitatea.

Semnificația mărimilor de mai sus este dată în [2].

Rezultate experimentale

În scopul comparării rezultatelor ce se obțin prin folosirea unui model pentru repartiția optimă, cu rezultatele exacte obținute prin metode cifrice, s-a considerat (după [1]) sistemul energetic din figura 1.

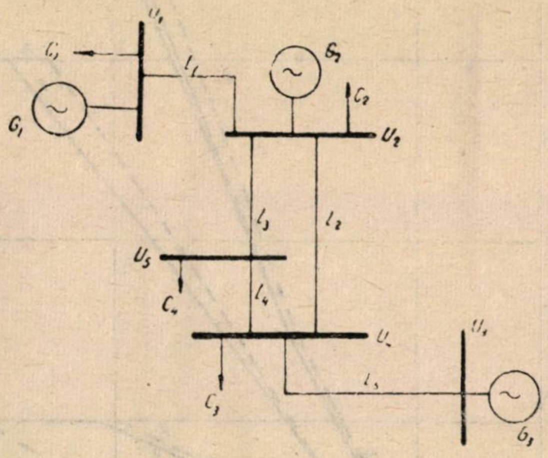


Fig. 1. Rețeaua reală.

Aici, impedanțele liniilor au, în unități relative, pentru o putere de bază de 200 MVA, următoarele valori:

$\overline{Z}_{L_1} = 0{,}060 + \mathrm{j}\ 0{,}206$
$\overline{Z}_{L_2} = 0{,}210 + \mathrm{j}\ 0{,}694$
$\overline{Z}_{L_3} = 0{,}160 + \mathrm{j}\ 0{,}524$
$\overline{Z}_{L_4} = 0{,}066 + \mathrm{j}\ 0{,}236$
$\overline{Z}_{L_5} = 0{,}212 + \mathrm{j}\ 0{,}806$

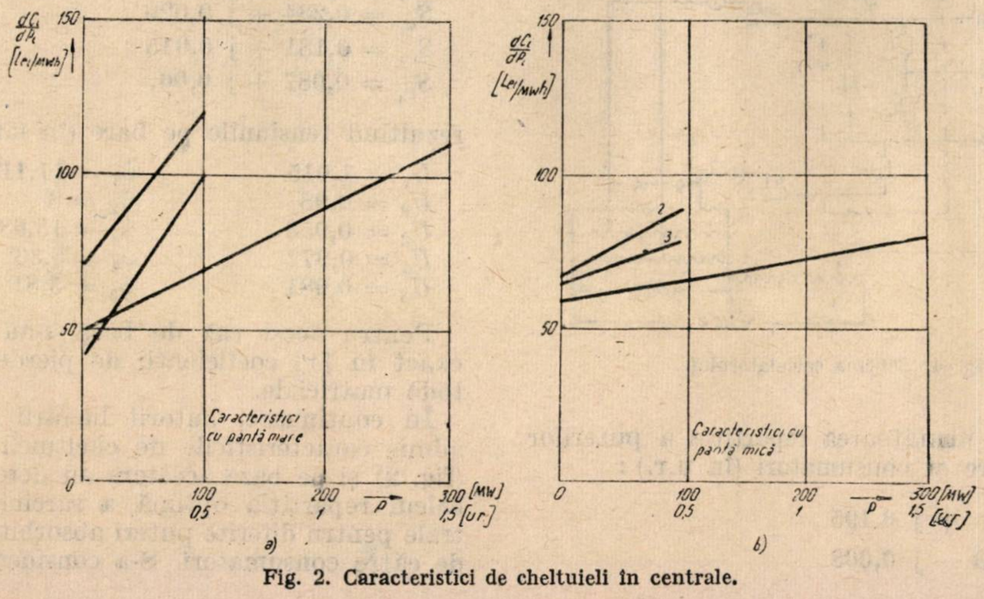


Fig. 2. Caracteristici de cheltuieli în centrale.

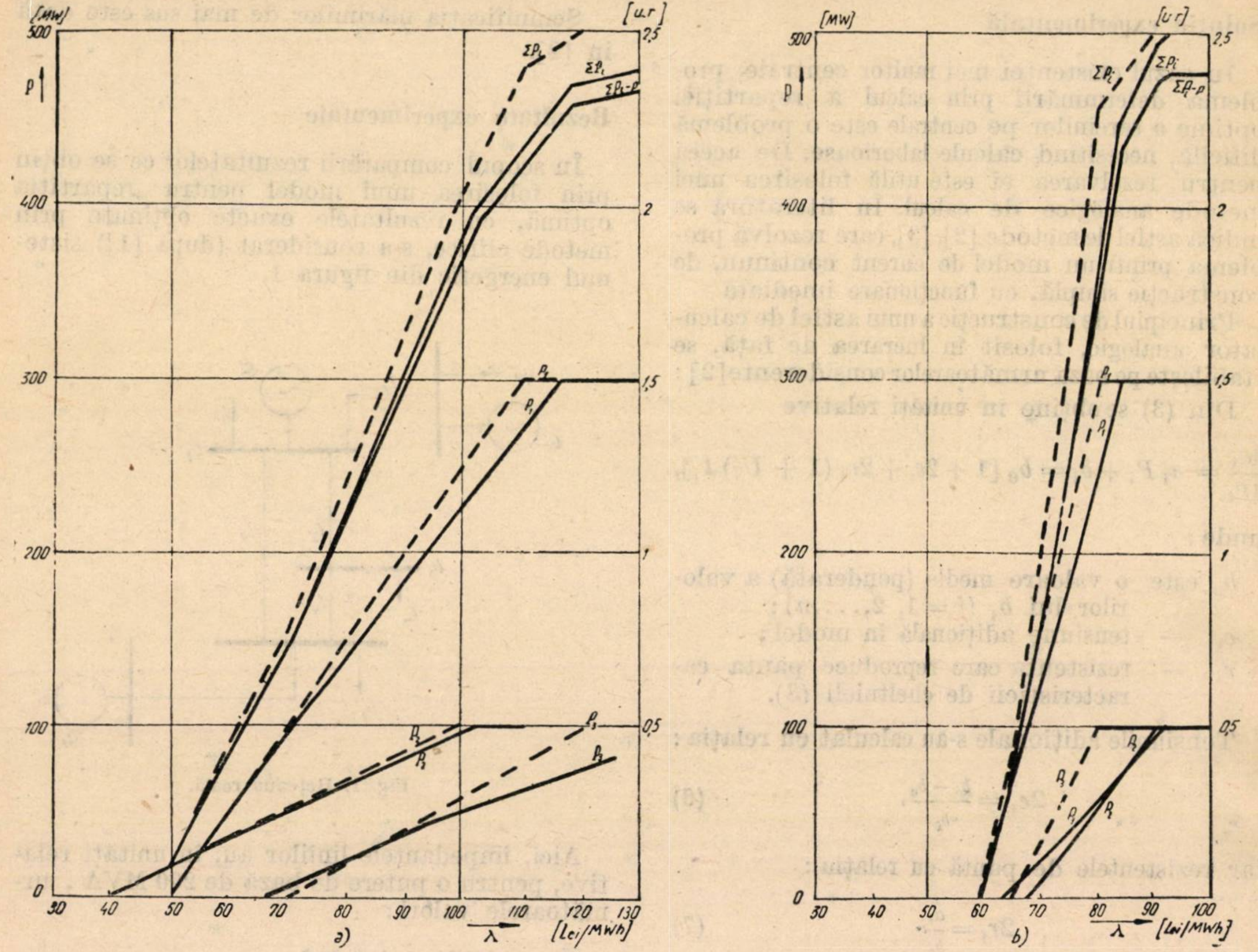


Fig. 3. Repartiția optimă a sarcinii între centrale, determinată prin calcul:
a – cazul caracteristicilor cu pantă mare; *b* – cazul caracteristicilor cu pantă mică:
– – – repartizarea fără considerarea pierderilor în rețea;
——— repartizarea cu considerarea pierderilor în rețea.

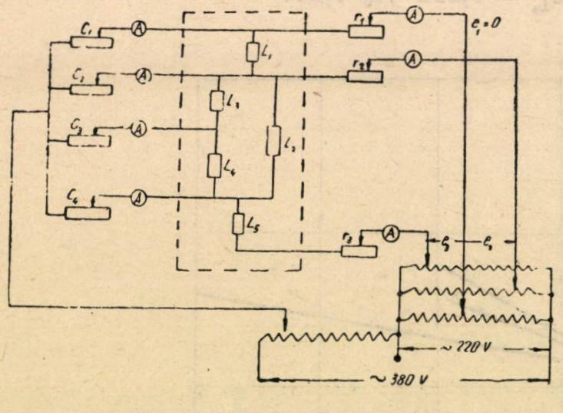


Fig. 4. Schema calculatorului.

S-a admis următoarea repartiție a puterilor la generatoare și consumatori (în u.r.):

$$\overline{S}_{G_1} = 0{,}72 + j\,0{,}195$$
$$\overline{S}_{G_2} = 0{,}053 - j\,0{,}068$$
$$\overline{S}_{G_3} = 0{,}173 - j\,0{,}053$$
$$\overline{S}_{C_1} = 0{,}43 + j\,0{,}1$$
$$\overline{S}_{C_2} = 0{,}234 + j\,0{,}029$$
$$\overline{S}_{C_3} = 0{,}181 + j\,0{,}015$$
$$\overline{S}_{C_4} = 0{,}087 + j\,0{,}06,$$

rezultînd tensiunile pe bare (în u.r.):

$$U_1 = 1{,}015 \qquad \psi_1 = 11{,}11^\circ$$
$$U_2 = 0{,}98 \qquad \psi_2 = 8^\circ$$
$$U_3 = 0{,}953 \qquad \psi_3 = 15{,}68^\circ$$
$$U_4 = 0{,}972 \qquad \psi_4 = 6{,}33^\circ$$
$$U_5 = 0{,}981 \qquad \psi_5 = 5{,}81^\circ$$

Pentru acest caz de bază s-au determinat exact în [1] coeficienții de pierderi prin metode matriciale.

În continuare, autorii lucrării de față au admis caracteristicile de cheltuieli la centrale (fig. 2) și pe baza acestora au determinat prin calcul repartiția optimă a sarcinii între centrale pentru diferite puteri absorbite din sistem de către consumatori. S-a considerat că sarci-

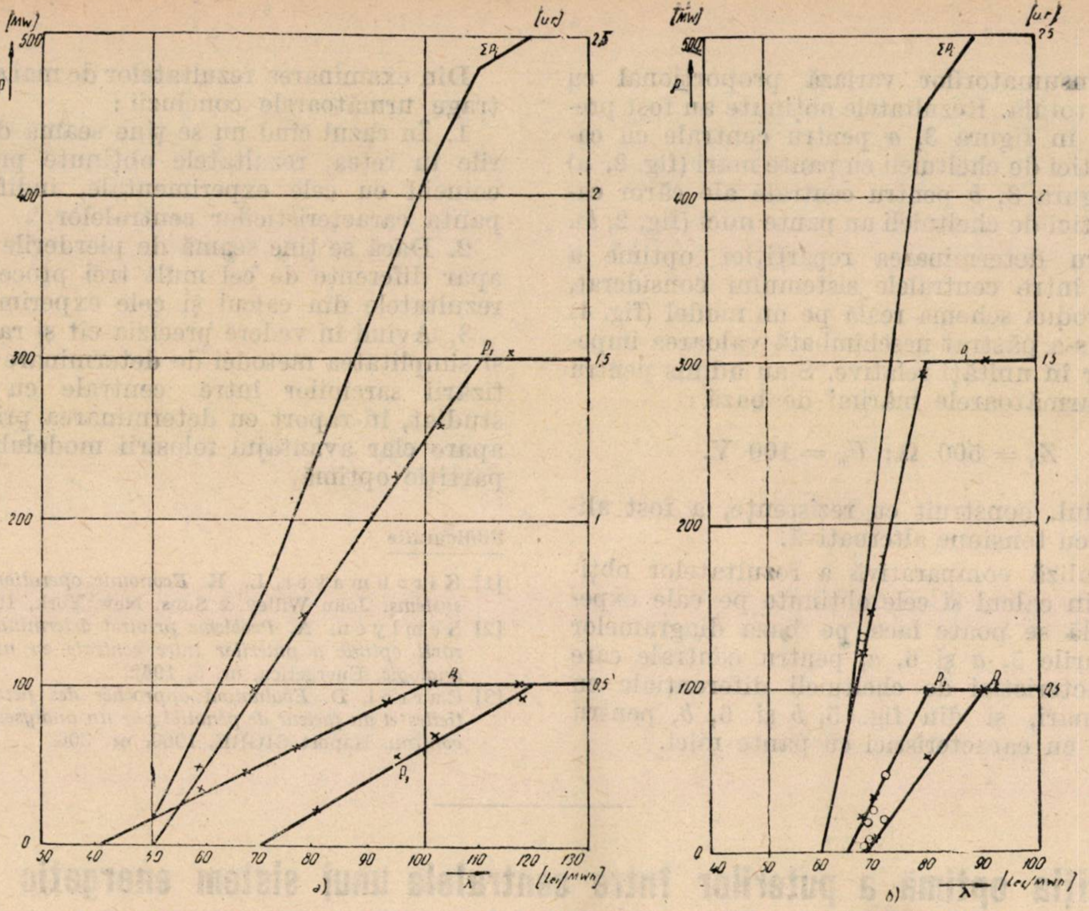


Fig. 5. Repartiția optimă a sarcinii între centrale fără considerarea pierderilor în rețea:

a — cazul caracteristicilor cu pantă mare; *b* — cazul caracteristicilor cu pantă mică; ——— prin calcul; x — puncte determinate pe model — sarcinile variază proporțional cu sarcina totală; o — puncte determinate pe model — sarcini cu variație oarecare.

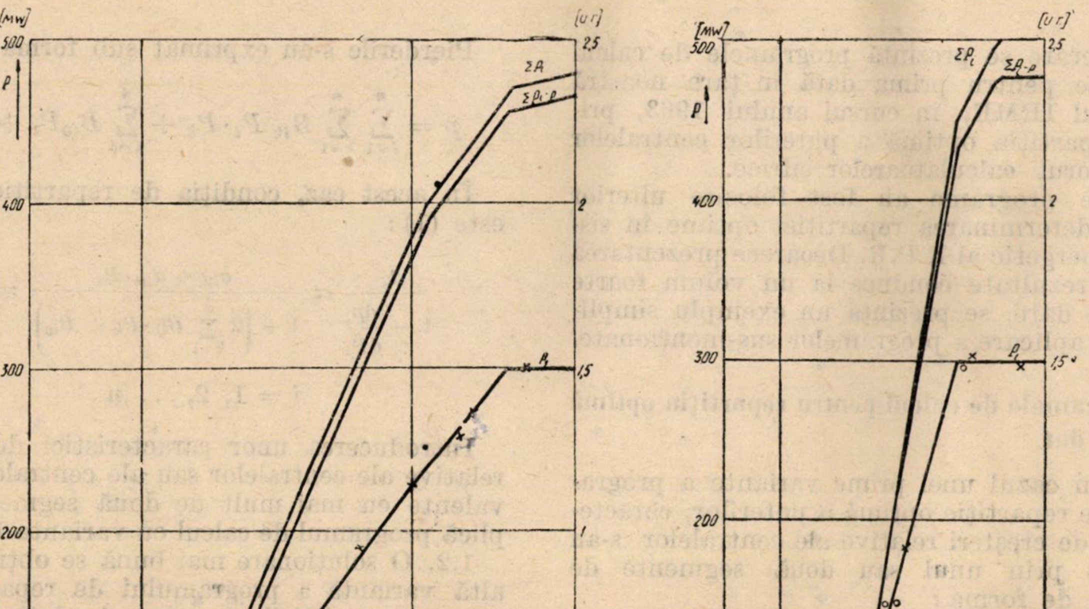


Fig. 6. Repartiția optimă a sarcinii între centrale cu considerarea pierderilor în rețea:

a — cazul caracteristicilor cu pantă mare; *b* — cazul caracteristicilor cu pantă mică; ——— prin calcul; x — puncte determinate pe model — sarcinile variază proporțional cu sarcina totală; o — puncte determinate pe model — sarcini cu variație oarecare.

nile consumatorilor variază proporțional cu sarcina totală. Rezultatele obținute au fost prezentate în figura 3, *a* pentru centrale cu caracteristici de cheltuieli cu pante mari (fig. 2, *a*) și în figura 3, *b* pentru centrale ale căror caracteristici de cheltuieli au pante mici (fig. 2, *b*).

Pentru determinarea repartiției optime a sarcinii între centralele sistemului considerat, s-a reprodus schema reală pe un model (fig. 4) în care s-a păstrat neschimbată valoarea impedanțelor în unități relative. S-au admis pentru model următoarele mărimi de bază :

$$Z_b = 500\ \Omega;\ U_b = 100\ \text{V}.$$

Modelul, construit cu rezistențe, a fost alimentat cu tensiune alternativă.

O analiză comparativă a rezultatelor obținute prin calcul și cele obținute pe cale experimentală se poate face pe baza diagramelor din figurile 5, *a* și 6, *a*, pentru centrale care au caracteristici de cheltuieli diferențiale cu pante mari, și din fig. 5, *b* și 6, *b*, pentru centrale cu caracteristici cu pante mici.

Din examinarea rezultatelor de mai sus se pot trage următoarele concluzii :

1. În cazul cînd nu se ține seamă de pierderile în rețea, rezultatele obținute prin calcul coincid cu cele experimentale, indiferent de panta caracteristicilor centralelor.

2. Dacă se ține seamă de pierderile în rețea, apar diferențe de cel mult trei procente între rezultatele din calcul și cele experimentale.

3. Avînd în vedere precizia cît și rapiditatea și simplitatea metodei de determinare a repartizării sarcinilor între centrale cu modelul studiat, în raport cu determinarea prin calcul, apare clar avantajul folosirii modelului de repartiție optimă.

Bibliografie

[1] Kirchmayer, L. K. *Economic operation of power systems.* John Willey & Sons, New York, 1958.

[2] Semlyén, A. *Probleme privind determinarea repartizării optime a puterilor între centrale cu un calculator analogic.* Energetica, nr. 6, 1962.

[3] Carrol, D. *Evaluation approchée des pertes différentielles et du facteur de pénalité par un analyseur à courant continu.* Raport CIGRE, 1960, nr. 306.

Repartiția optimă a puterilor între centralele unui sistem energetic

Programe pentru calculatoarele cifrice

Ing. S. Ionescu, ing. D. Martac și E. Agalidi

În lucrare se prezintă programele de calcul elaborate pentru prima dată în țara noastră în cadrul IRME, în cursul anului 1963, privind repartiția optimă a puterilor centralelor cu ajutorul calculatoarelor cifrice.

Aceste programe au fost folosite ulterior pentru determinarea repartiției optime în sistemul energetic al R.P.R. Deoarece prezentarea acestor rezultate conduce la un volum foarte mare de date, se prezintă un exemplu simplificat de aplicare a programelor sus-menționate.

1. Programele de calcul pentru repartiția optimă la un λ dat

1.1. În cazul unei prime variante a programului de repartiție optimă a puterilor, caracteristicile de creșteri relative ale centralelor s-au introdus prin unul sau două segmente de dreaptă, de forma :

$$\frac{\mathrm{d}B_i}{\mathrm{d}P_i} = b_i = a_{i\mu} + a'_{i\mu}\cdot P_i;\ P_{i\mu min} \leqslant P_i \leqslant P_{i\mu max}$$

în care indicele i se referă la numărul centralei, iar indicele μ — la numărul segmentului caracteristicii de creștere relativă. În prima variantă, $\mu = 1$ sau 2.

Pierderile s-au exprimat sub forma :

$$p = \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} B_{ik}\, P_i\cdot P_k + \sum_{i=1}^{n} B_{i0}P_i + B_{00}.$$

În acest caz, condiția de repartiție optimă este (1) :

$$\frac{b_i}{1 - \dfrac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_i}} = \frac{a_{i\mu} + a'_{i\mu}\cdot P_i}{1 - \left(2\sum_{k=1}^{n} B_{ik}\cdot P_k + B_{i0}\right)} = \lambda. \tag{1}$$

$$i = 1, 2, \ldots, n.$$

Introducerea unor caracteristici de creșteri relative ale centralelor sau ale centralelor echivalente cu mai mult de două segmente complică programul de calcul cu varianta 1.

1.2. O soluționare mai bună se obține într-o altă variantă a programului de repartiție, în care caracteristicile de creșteri relative ale centralelor se introduc prin segmente de dreaptă, al căror număr depinde numai de memoria calculatorului. (La calculatorul CIFA—101 se pot introduce 12 segmente). Aceste caracteristici se exprimă sub forma :

$$P_i = \alpha_{i\mu}\cdot b_i + \beta_{i\mu};\ b_{i\mu\, min} \leqslant b_i \leqslant b_{i\mu\, max}, \tag{2}$$

cu

$$i = 1, 2 \ldots, n,$$

$$\mu = 1, 2, \ldots, \mu_{max}.$$

În acest caz se obţine:

$$b_i = \frac{\frac{1}{2} - B_{ii}\cdot\beta_{i\mu} - \sum\limits_{k=1;\,k\neq i}^{n} B_{ik}\cdot P_k - \frac{B_{i0}}{2}}{\frac{1}{2\lambda} + B_{ii}\cdot\alpha_{i\mu}}. \tag{3}$$

Metoda de calcul este iterativă: în funcţie de anumite valori iniţiale P_k, se calculează cu formula (3) b_i şi se alege segmentul de dreaptă corespunzător. Apoi se determină P_i prin relaţia (2), trecîndu-se apoi la calculul lui b_{i+1}.

Rezolvarea sistemului (3) se face prin metoda Seidel-Gauss:

$$b_i^h = \frac{\frac{1}{2} - B_{ii}\cdot\beta_{i\mu} - \sum\limits_{k=1}^{i} B_{ik}\cdot P_k^h - \sum\limits_{k=i+1}^{n} B_{ik}\cdot P_k^{h-1} - \frac{B_{i0}}{2}}{\frac{1}{2\lambda} + B_{ii}\cdot\alpha_{i\mu},}, \tag{4}$$

unde h este indicele iteraţiei.

Procedeul de calcul este următorul:

1. Se alege un vector iniţial P_i^0, care poate fi zero sau o serie de valori luate dintr-un calcul anterior.

2. Se modifică succesiv a i-a componentă a vectorului aproximativ.

3. În acelaşi timp se evaluează eroarea $|P_i^h - P_i^{h-1}|$, care se compară cu un ε dat.

4. Dacă eroarea $E > \varepsilon$, calculul se repetă; în caz contrar se calculează pierderile şi se scriu rezultatele.

Problemele mai importante care au apărut la elaborarea programului în această variantă sînt:

1. Asigurarea unor limite în care să varieze puterile calculate prin relaţiile (2) şi (4).

2. Păstrarea valorilor pentru $\alpha_{i\mu}$ şi $\beta_{i\mu}$ de la o iteraţie la alta, variaţiile înregistrate de la o iteraţie la alta în puterile calculate fiind mici, şi prin urmare căutarea altui segment din caracteristica unei centrale fiind inutilă.

Rezolvarea acestor probleme se poate urmări în schema logică a programului, indicată în figura 1.

Schema logică a programului (fig. 1).

1. Se depun în program formele iniţiale ale instrucţiunilor care depind de indicele i. Se depune la o adresă de lucru forma iniţială a instrucţiunilor care depind de indicii i şi μ.

2. Se face zero în suma S şi în contorul K pentru numărarea produselor $B_{ik}\cdot P_k$.

3. Se calculează $\sum\limits_{k=1;\,k\neq i}^{n} B_{ik}\cdot P_k$ în S, expresie care nu depinde de indicele μ şi care se calculează la început pentru fiecare ecuaţie.

4—5. Cu ajutorul instrucţiunii depuse în adresa de lucru prin 1 se formează instrucţiunile $\alpha_{i1} \rightarrow AL$ etc. La acestea se va adăuga un indice μ rezultat din prelucrarea rezultatelor calculului. Odată indicele μ determinat, el va fi adăugat în permanenţă formelor $\alpha_{i1} \rightarrow AL$ etc., fixînd astfel segmentul de caracteristică.

6. Efectuarea instrucţiunilor pregătite de 4—5.

7. Calculul lui b_i după relaţia (4).

8—9. Dacă b_i calculat este mai mare decît $b_{i\mu}$ maxim al segmentului μ, cu care se fac calculele, se ia segmentul următor, crescînd pe μ, şi se repetă calculul.

10—11. Dacă b_i calculat este mai mic decît $b_{i\mu}$ maxim, se verifică dacă este mai mic decît $b_{i\mu}$ minim al segmentului cu care se fac calculele, în care caz se ia segmentul anterior cu un indice mai mic cu o unitate.

12. Dacă $b_{i\mu\,min} \leqslant b_i \leqslant b_{i\mu\,max}$, se calculează P_i lăsînd adresa indicelui μ neschimbată.

13. Se verifică dacă s-au rezolvat toate ecuaţiile.

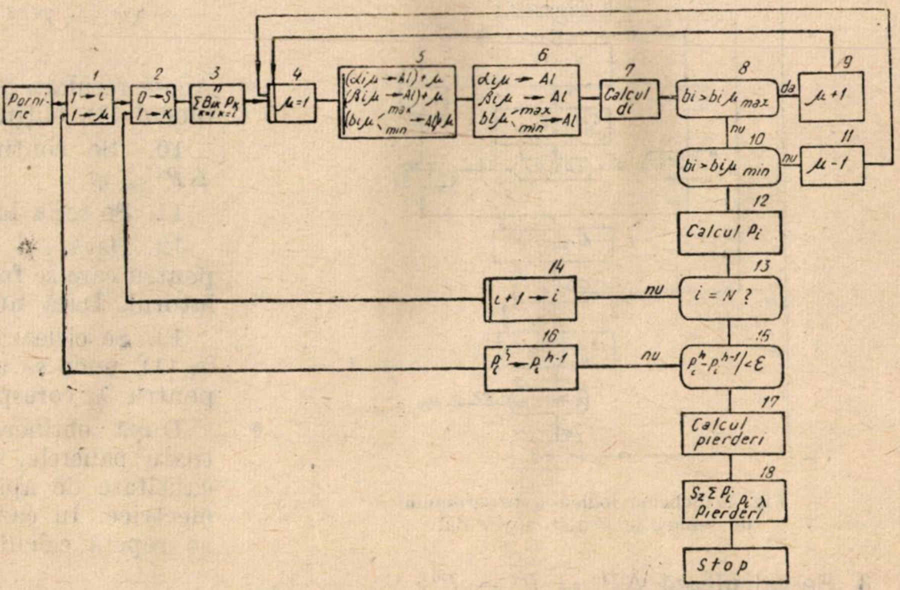


Fig. 1. Schema logică a programului de repartiţie optimă pentru un λ dat.

14. Dacă nu, se creşte indicele i şi se revine la 2. Se lucrează cu indicele μ determinat în iteraţia precedentă pentru ecuaţia i.

15. Dacă s-au rezolvat toate ecuaţiile, se verifică condiţia de convergenţă. (Verificarea

condiției de convergență se face de fapt în alt punct al schemei, pentru a realiza economia de spațiu și de timp de calcul. S-a pus pentru simplificare aici).

16. În cazul că $|P_i^h - P_i^{h-1}| > \varepsilon$, se trece la un nou calcul cu valorile P_i^h calculate anterior.

17. Dacă condiția de convergență este îndeplinită, se trece la calculul pierderilor.

18. Se scriu la mașină P_i, $\sum P_i$, pierderile, λ.

Memoria. Programul ocupă 77 de instrucțiuni. Matricea B_{ik} și introducerea caracteristicilor cu mai multe segmente implică folosirea memoriei CIFA—101.

Timpul de lucru. Rezolvarea unui sistem de 18 ecuații pentru un λ dat durează între 3 și 4 min la calculatorul CIFA—101.

2. Program pentru calculul repartiției puterilor active pentru un γ dat

Un program mai general este acela care permite căutarea automată a lui λ pentru o putere consumată P_c^0 (sau generată) dată.

Schema logică (fig. 2).

2. Se calculează $P_{Gi}^{\nu} = f(\lambda^{\nu})$ pentru o valoare λ^{ν}. Se calculează $P_G^{\nu} = \sum_{i=1}^{n} P_{Gi}^{\nu}$ și pierderile p. Rezultă $P_c^{\nu} = P_G^{\nu} - p$, în general diferit de P_c^0.

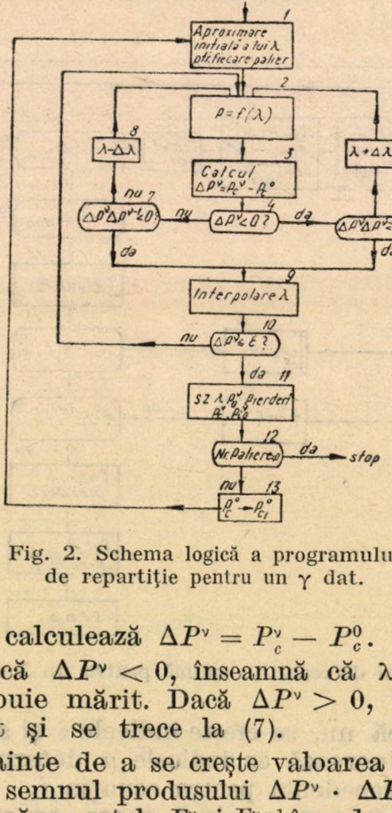


Fig. 2. Schema logică a programului de repartiție pentru un γ dat.

3. Se calculează $\Delta P^{\nu} = P_c^{\nu} - P_c^0$.

4. Dacă $\Delta P^{\nu} < 0$, înseamnă că λ^{ν} ales inițial trebuie mărit. Dacă $\Delta P^{\nu} > 0$, λ^{ν} trebuie micșorat și se trece la (7).

5. Înainte de a se crește valoarea lui λ^{ν}, se verifică semnul produsului $\Delta P^{\nu} \cdot \Delta P^{\nu-1}$, care arată dacă punctele F^{ν} și $F^{\nu-1}$ încadrează punctul F^0 de pe curba $P_c = f(\lambda)$ (fig. 3).

Dacă $\Delta P^{\nu} \cdot \Delta P^{\nu-1} > 0$, se trece la (6). Dacă nu, se trece la (9).

6. Se dă o creștere $\Delta\lambda$ lui λ^{ν} și se trece la (2).

7. ΔP^{ν} fiind > 0, se verifică semnul produsului $\Delta P^{\nu} \cdot \Delta P^{\nu-1}$.

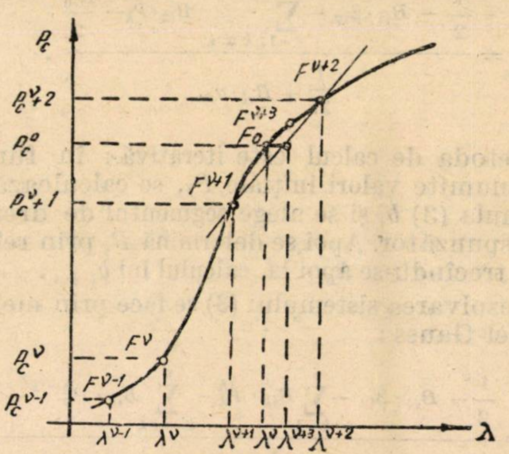


Fig. 3. Caracteristica $P_c = f(\lambda)$.

Dacă este negativ, se trece la (9); altfel λ^{ν} se micșorează cu o valoare $\Delta\lambda$ (fig. 2).

8. Se calculează $\lambda^{\nu} - \Delta\lambda$ și se trece la (2).

9. Dacă două puncte succesiv calculate pe curba $P_c = f(\lambda)$ încadrează valoarea F^0 (în fig. 3 punctele $F^{\nu+1}$ și $F^{\nu+2}$ corespunzătoare valorilor $\lambda^{\nu+1}$ și $\lambda^{\nu+2}$), se determină $\lambda^{\nu+3}$ interpolînd liniar:

$$\lambda^{\nu+3} = \lambda^{\nu+2} + \frac{\lambda^{\nu+2} - \lambda^{\nu+1}}{P_c^{\nu+2} - P_c^{\nu+1}} (P_c^0 - P_c^{\nu+2}).$$

Acest rezultat este folosit la un nou calcul în blocul (2), obținîndu-se $P_c^{\nu+3}$.

10. Se continuă interpolarea pînă cînd $\Delta P^{\nu} \leqslant \eta$.

11. Se scriu la mașină λ, P_{Gi}^{ν}, P_c^{ν}, P_G^{ν} și p.

12. Dacă s-a terminat numărul de paliere pentru care se face repartiția, se oprește calculatorul. Dacă nu, se trece la (13).

13. Se ciclează indicele palierului și se trece la (1), unde se aproximează o valoare inițială pentru λ, corespunzătoare noului palier.

După obținerea repartiției optime pentru toate palierele, trebuie verificată condiția de cantitate de apă impusă la centralele hidroelectrice. În cazul cînd ea nu este realizată, se repetă calculul modificînd valoarea lui γ.

3. Determinarea repartiției optime a puterilor la cantitatea de apă constantă consumată de o centrală hidroelectrică cu și fără considerarea influenței derivatelor pierderilor pentru un sistem de 10 noduri și 7 centrale (fig. 4)

3.1. Nu se iau în considerare derivatele pierderilor.

Condițiile de repartiție sînt în acest caz:

$$\frac{\mathrm{d}B_i}{\mathrm{d}P_{Gi}} = \ldots \quad \ldots = \gamma_j \frac{\mathrm{d}Q_j}{\mathrm{d}P_{Hj}} = \lambda.$$

Pentru calculul pierderilor p s-au folosit coeficienții B din matricea I [7]. Caracteristicile de creșteri relative ale centralelor sînt date în tabela 1 din [8].

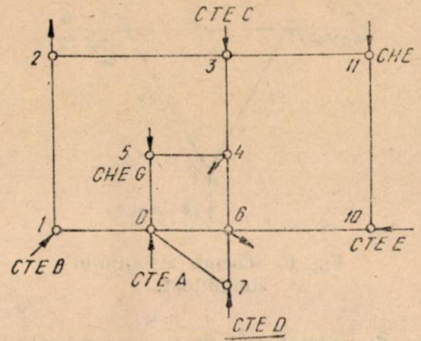


Fig. 4. Schema sistemului energetic cu 10 noduri.

Cantitatea medie de apă consumată de CHE F s-a ales $Q_{med} = 200$ mii m^3/h, adică $4{,}8 \times 10^6$ m^3/24 h.

Pentru calculul cantității medii de apă consumată de CHE într-o oră s-au folosit formulele:

$$Q_{jk} = Q_0 + a_j \cdot P_{Hj} + b_j \cdot P_{Hj}^2$$

$$Q_{med} = \frac{1}{24} \sum_k t_k \cdot Q_{jk},$$

unde:

$a_j = 2{,}7776$ mii m^3/(MWh);

$$b_j = 0{,}002502 \; \frac{\text{mii m}^3}{(\text{MW})^2 \cdot \text{h}};$$

$Q_0 = 5{,}8$ mii m^3/h;

t_k este durata palierului k;

Q_{jk} — consumul orar de apă corespunzător;

Q_{med} — consumul mediu orar de apă.

Coeficientul γ ales inițial se modifică succesiv în calculul repartiției optime pînă se obține regimul pentru care Q_{med} are valoarea impusă inițial. După trei încercări s-a obținut $\gamma = 0{,}12627$.

S-a considerat o curbă de sarcină cu patru paliere de puteri consumate, iar pentru o altă CHE, G, o putere constantă de 30 MW, obținîndu-se următoarele rezultate:

P_c, MW	562	656	605	730
Durata, ore	9	4	6	5
λ	0,3764	0,3974	0,3874	0,4214
p, MW	28,1	26,7	28,8	36,5
P_G, MW	590,2	682,7	633,8	766,5

Puterile centralelor rezultate din repartiție se dau în figura 5.

3.2. Se iau în considerare derivatele pierderilor.

Condițiile de repartiție sînt:

$$\frac{\mathrm{d}B_i}{\mathrm{d}P_{Gi}} \cdot \frac{1}{1 - \dfrac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_{Gi}}} = \ldots \quad \ldots = \gamma_j \frac{\mathrm{d}Q_j}{\mathrm{d}P_{Hj}} \cdot \frac{1}{1 - \dfrac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_{Hj}}} = \lambda.$$

Pentru calculul pierderilor și al derivatelor acestora s-au folosit coeficienții B din matricea I [7].

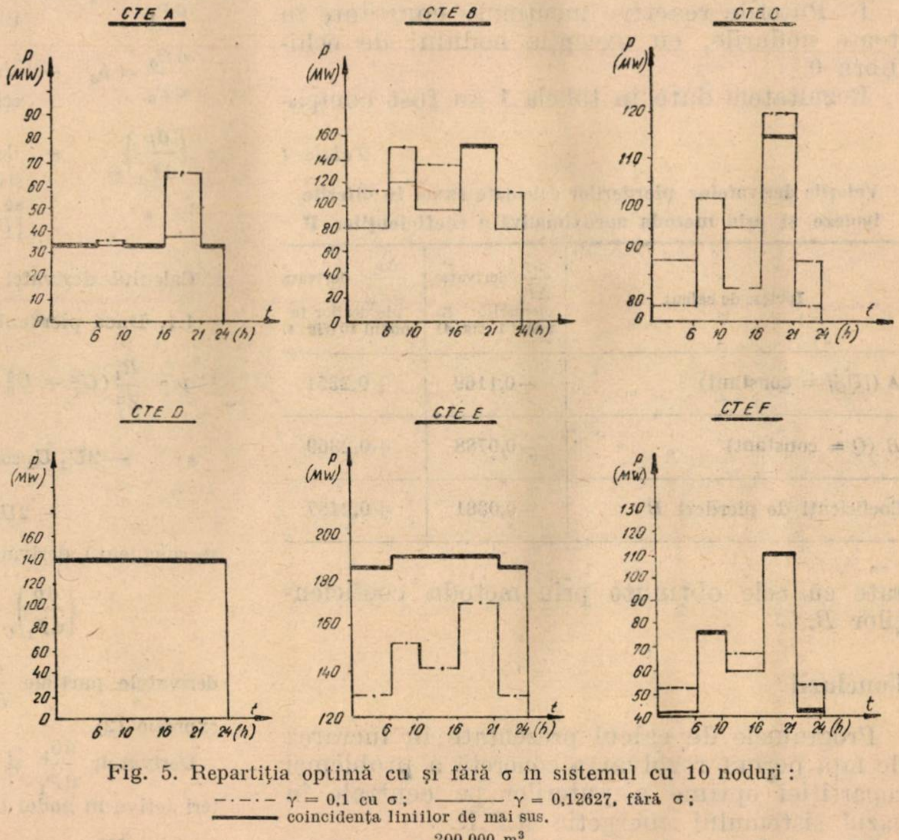


Fig. 5. Repartiția optimă cu și fără σ în sistemul cu 10 noduri:
— · — · — γ = 0,1 cu σ; ———— γ = 0,12627, fără σ;
▬▬▬ coincidența liniilor de mai sus.

$$Q_{med} = \frac{200\,000 \text{ m}^3}{\text{h}}.$$

Impunîndu-se același consum de apă la CHE F, pentru aceleași paliere ale curbei de sarcină ca şi la punctul precedent, a rezultat $\gamma = 0{,}1$ şi următoarea repartiţie optimă :

λ	0,35	0,4	0,37	0,45
p, MW	11,7	16,6	12,7	21,7
P_G, MW	573,8	672,5	617,7	751,7

Puterile centralelor sînt date, de asemenea, în figura 5.

4. Rezultatele calculelor comparative privind derivatele pierderilor

Derivatele pierderilor pentru nodurile 1 şi 10 din figura 4 au fost deduse prin calculul a cîte două regimuri, în care puterea centralei din nodul respectiv a fost variată cu 5%. Aceste regimuri au fost calculate în următoarele două ipoteze (vezi anexa) :

A. Tensiunile nodurilor generatoare (nodurile 1, 3, 7, 10, 11 din figura 4) au fost menţinute constante în modul ; în celelalte noduri s-au menţinut constante puterile active şi reactive, nodul 0 s-a considerat nod de echilibru.

B. Puterile reactive menţinute constante în toate nodurile, cu excepţia nodului de echilibru 0.

Rezultatele date în tabela 1 au fost comparate cu cele obţinute prin metoda coeficienţilor *B*.

Tabela 1

Valorile derivatelor pierderilor calculate exact în diferite ipoteze şi prin metoda aproximativă a coeficienţilor B

Ipoteze de calcul	$\frac{\Delta p}{\Delta P_1}$ derivata pierderilor în nodul 1 (fig. 4)	$\frac{\Delta p}{\Delta P_{10}}$ derivata pierderilor în nodul 10 (fig. 4)
A ($\lvert \underline{U}_G \rvert$ = constant)	−0,1169	+0,2351
B (Q = constant)	−0,0788	+0,2369
Coeficienţi de pierderi *B*	−0,0881	+0,2487

Concluzii

Programele de calcul prezentate în lucrarea de faţă permit rezolvarea concretă a problemei repartiţiei optime a puterilor pe centrale în cazul sistemului energetic R.P.R.

Ele au fost aplicate pe o schemă a sistemului de 35 noduri şi 18 centrale echivalente în vederea determinării efective a puterilor economice a centralelor pentru vara anului 1964.

Anexă

Ecuaţiile generale pentru obţinerea regimurilor optime ale sistemului energetic

1. *Tensiuni în modul, fixate în toate nodurile sistemului*

Ecuaţiile se vor scrie pentru un sistem simplificat, dar suficient de general pentru a se putea extinde imediat la sisteme complexe (fig. 6).

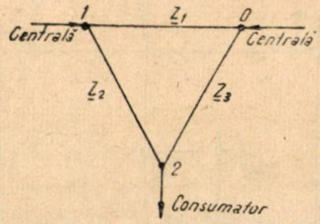


Fig. 6. Schema sistemului simplificat.

În figura 6, nodul 1 este de tip generator (G), nodul 2 consumator (C), nodul 0 este nod de echilibru. Condiţia de regim optim este :

$$\frac{dB_1}{dP_1} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{dp}{dP_1}\right)_U} = \frac{dB_0}{dP_0} \tag{1}$$

$\frac{dB_1}{dP_1} = b_1$ este creşterea relativă a cantităţii de combustibil B_1 în raport cu puterea centralei P_1 ;

$\frac{dB_0}{dP_0} = b_0$ — similar pentru centrala din nodul de echilibru ;

$\left(\frac{dp}{dP_1}\right)_U$ — derivata pierderilor de putere activă ale sistemului în raport cu puterea P_1, care se calculează în condiţiile $\lvert \underline{U}_1 \rvert = \text{ct.}$; $\lvert \underline{U}_2 \rvert = \text{ct.}$; $\underline{U}_0 = \text{ct.}$

Calculul derivatei $\left(\frac{dp}{dP_1}\right)_U$ se face astfel :

1.1. Dacă pierderile se exprimă sub forma :

$$p = \frac{R_1}{Z_1^2}(U_1^2 + U_0^2 - 2U_1 \cdot U_0 \cos\theta_1) + \frac{R_2}{Z_2^2}[U_1^2 + U_2^2 - 2U_1 U_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)] + \frac{R_3}{Z_3^2}(U_2^2 + U_0^2 - 2U_2 U_0 \cos\theta_2) \equiv p(\theta_1, \theta_2), \tag{2}$$

se calculează derivata :

$$\left(\frac{dp}{dP_1}\right)_U = \frac{\partial p}{\partial \theta_1} \cdot \frac{d\theta_1}{dP_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_2} \cdot \frac{d\theta_2}{dP_1}, \tag{3}$$

derivatele parţiale $\frac{\partial p}{\partial \theta_1}$ şi $\frac{\partial p}{\partial \theta_2}$ efectuîndu-se simplu din expresia (2).

Derivatele $\frac{d\theta_1}{dP_1}$ şi $\frac{d\theta_2}{dP_1}$ se obţin scriind echilibrul de puteri active în nodul 1, respectiv 2.

$$P_1 = \frac{U_1^2}{Z_1}\sin\alpha_1 + \frac{U_1^2}{Z_2}\sin\alpha_2 + \frac{U_1 \cdot U_0}{Z_1}\sin(\theta_1 - \alpha_1) + \frac{U_1 \cdot U_2}{Z_2}\sin(\theta_1 - \theta_2 - \alpha_2) \equiv f_1(\theta_1, \theta_2) \tag{4}$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{Z_2} \sin \alpha_2 + \frac{U_2^2}{Z_3} \sin \alpha_3 + \frac{U_2 U_1}{Z_2} \sin (\theta_2 - \theta_1 - \alpha_2) + $$
$$+ \frac{U_2 U_0}{Z_3} \sin (\theta_2 - \alpha_3) \equiv f_2 (\theta_1, \theta_2).$$

Diferenţiind expresiile (4), rezultă :

$$\begin{aligned} \mathrm{d}P_1 &= \frac{\partial f_1}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_1}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2 \\ 0 &= \frac{\partial f_2}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_2}{\partial \theta_2}, \mathrm{d}\theta_2, \end{aligned} \tag{5}$$

în care $\frac{\partial f_1}{\partial \theta_1}$; $\frac{\partial f_1}{\partial \theta_2}$; $\frac{\partial f_2}{\partial \theta_1}$; $\frac{\partial f_2}{\partial \theta_2}$ sînt derivate parţiale care rezultă uşor din f_1 şi f_2. La diferenţierea expresiilor (4) s-a ţinut seamă că nodul 2 este consumator de putere activă dată (fixată).

Din ecuaţiile (5) rezultă $\frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1}$ şi $\frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1}$, care trebuie introduse în (3).

1.2. Dacă pierderile se exprimă în funcţie de impedanţele proprii şi reciproce :

$$p = R_{11} \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_1^2} + R_{22} \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} + 2 \frac{R_{12}}{U_1 U_2} (P_1 \cdot P_2 + $$
$$+ Q_1 Q_2) \cos (\theta_1 - \theta_2) + 2 \frac{R_{12}}{U_1 U_2} (P_2 Q_1 - P_1 \cdot Q_2) \sin (\theta_1 - $$
$$- \theta_2) \equiv p(P_1, Q_1, Q_2, \theta_1, \theta_2). \tag{6}$$

În acest caz se introduc suplimentar în expresia pierderilor variabile P_1, Q_1, Q_2.

Rezultă deci :

$$\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_1}\right)_U = \frac{\partial p}{\partial P_1} + \frac{\partial p}{\partial Q_1} \cdot \frac{\mathrm{d}Q_1}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial Q_2} \cdot \frac{\mathrm{d}Q_2}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1} \tag{7}$$

Pe lîngă relaţiile (4) se adaugă ecuaţiile de bilanţ de putere reactivă în nodul 1 şi nodul 2.

$$Q_1 = \frac{U_1^2}{Z_1} \cos \alpha_1 + \frac{U_1^2}{Z_2} \cos \alpha_2 - \frac{U_1 \cdot U_0}{Z_1} \cos (\theta_1 - \alpha_1) - $$
$$- \frac{U_1 \cdot U_2}{Z_2} \cos (\theta_1 - \theta_2 - \alpha_2) \equiv g_1 (\theta_1, \theta_2)$$

$$Q_2 = \frac{U_2^2}{Z_2} \cos \alpha_2 + \frac{U_2^2}{Z_3} \cos \alpha_3 - \frac{U_2 U_1}{Z_2} \cos (\theta_2 - \theta_1 - \alpha_2) - $$
$$- \frac{U_2 U_0}{Z_3} \cos (\theta_2 - \alpha_3) \equiv g_2 (\theta_1, \theta_2). \tag{8}$$

Diferenţiind relaţiile (4) şi (8) şi ţinînd seamă că Q_1 şi Q_2 variază simultan cu P_1 rezultă :

$$\begin{aligned} \mathrm{d}P_1 &= \frac{\partial f_1}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_1}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2 \\ \mathrm{d}Q_1 &= \frac{\partial g_1}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial g_1}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2 \\ 0 &= \frac{\partial f_2}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_2}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2 \\ \mathrm{d}Q_2 &= \frac{\partial g_2}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial g_2}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2. \end{aligned} \tag{9}$$

Din aceste ecuaţii se obţin :

$$\frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1}; \frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1}; \frac{\mathrm{d}Q_1}{\mathrm{d}P_1}; \frac{\mathrm{d}Q_2}{\mathrm{d}P_1},$$

care trebuie introduse în (7).

Trebuie observat că menţinerea modulului tensiunii U_2 constant, în nodul consumator 2, se face prin o variaţie de putere reactivă $\mathrm{d}Q_2$, care se poate presupune că este datorită unui compensator sincron din acest nod.

2. *Tensiuni în modul fixate numai la nodurile generatoare G şi la nodul de echilibru 0.*

Pentru acelaşi sistem din figura 6, condiţia de optim rămîne identică (1).

2.1. Pierderile de putere activă (expresia 2) sînt funcţie de θ_1, θ_2 şi suplimentar de U_2 (care este considerată variabilă cu tensiunea unui nod consumator)

$$p \equiv p (\theta_1, \theta_2, U_2). \tag{2'}$$

Rezultă :

$$\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_1}\right)_{U_G} = \frac{\partial p}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial U_2} \cdot \frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}P_1} \tag{3'}$$

Pentru aflarea expresiilor lui $\frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1}$; $\frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1}$; $\frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}P_1}$ se folosesc ecuaţiile de bilanţ :

$$\begin{aligned} P_1 &= f_1 (\theta_1, \theta_2, U_2) \\ P_2 &= f_2 (\theta_1, \theta_2, U_2) \\ Q_2 &= g_2 (\theta_1, \theta_2, U_2), \end{aligned}$$

care se diferenţiază în condiţiile simultane $\mathrm{d}P_1 \neq 0$; $\mathrm{d}P_2 = \mathrm{d}Q_2 = 0$ (nodul 2 este consumator cu tensiune variabilă, deci fără variaţii de putere activă şi reactivă).

Se obţine :

$$\begin{aligned} \mathrm{d}P_1 &= \frac{\partial f_1}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_1}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2 + \frac{\partial f_1}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 \\ 0 &= \frac{\partial f_2}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_2}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2 + \frac{\partial f_2}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 \\ 0 &= \frac{\partial g_2}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial g_2}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2 + \frac{\partial g_2}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 \end{aligned} \tag{10}$$

Din acest sistem de ecuaţii rezultă : $\frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1}$; $\frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1}$; $\frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}P_1}$ care se introduc în (3').

2.2. Dacă pierderile se exprimă sub forma (6), expresia derivatei $\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_1}\right)_{U_G}$ este :

$$\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_1}\right)_{U_G} = \frac{\partial p}{\partial P_1} + \frac{\partial p}{\partial Q_1} \cdot \frac{\mathrm{d}Q_1}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1} + $$
$$+ \frac{\partial p}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial U_2} \cdot \frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}P_1} \tag{7'}$$

în care $\frac{\mathrm{d}Q_1}{\mathrm{d}P_1}$; $\frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1}$; $\frac{\mathrm{d}\theta_7}{\mathrm{d}P_1}$; $\frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}P_1}$ se obţin din sistemul de ecuaţii (10) la care se adaugă ecuaţia :

$$\mathrm{d}Q_1 = \frac{\partial g_1}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial g_1}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2 + \frac{\partial g_1}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 .$$

3. *Tensiuni libere în toate nodurile (fără nodul 0)*

Condiţiile de optimum sînt în acest caz (schema din figura 6) [7] :

$$\begin{aligned} &\frac{\mathrm{d}B_1}{\mathrm{d}P_1} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_1}} = \frac{\mathrm{d}B_0}{\mathrm{d}P_0} \\ &\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}Q_1} = 0. \end{aligned} \tag{11}$$

Se observă că în acest caz puterile active şi reactive ale generatoarelor sînt variabile independente. Variabile suplimentare sînt U_1, U_2, θ_1, θ_2.

3.1. Dacă pierderile se exprimă sub forma (2) ele sînt funcţie de U_1, U_2, θ_1, θ_2,

$$p \equiv p (U_1, U_2, \theta_1, \theta_2). \tag{2''}$$

Rezultă :

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_1} = \frac{\partial p}{\mathrm{d}U_1} \cdot \frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial U_2} \cdot \frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1} \qquad (7'')$$

şi analog

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}Q_1} = \frac{\partial p}{\partial U_1} \cdot \frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}Q_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}Q_1} + \frac{\partial p}{\partial U_2} \cdot \frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}Q_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}Q_1}.$$

Pentru a obţine

$$\frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}P_1};\quad \frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1};\quad \frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}P_1};\quad \frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1},$$

se diferenţiază ecuaţiile de bilanţ ale puterilor active şi reactive în nodurile generatoare şi consumatoare (fără nodul 0) ţinînd seamă că s-a considerat o variaţie infinit mică de putere activă la generatorul 1 :

$$\begin{aligned}
\mathrm{d}P_1 &= \frac{\partial f_1}{\partial U_1} \cdot \mathrm{d}U_1 + \frac{\partial f_1}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_1}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 + \frac{\partial f_1}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2\\
0 &= \frac{\partial g_1}{\partial U_1} \cdot \mathrm{d}U_1 + \frac{\partial g_1}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial g_1}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 + \frac{\partial g_1}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2\\
0 &= \frac{\partial f_2}{\partial U_1} \cdot \mathrm{d}U_1 + \frac{\partial f_2}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_2}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 + \frac{\partial f_2}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2\\
0 &= \frac{\partial g_2}{\partial U_1} \cdot \mathrm{d}U_1 + \frac{\partial g_2}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial g_2}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 + \frac{\partial g_2}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2.
\end{aligned} \qquad (12)$$

În mod similar, pentru a determina $\frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}Q_1}$; $\frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}Q_1}$; $\frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}Q_1}$; $\frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}Q_1}$, se diferenţiază aceleaşi relaţii în care se ţine seama că s-a considerat o variaţie $\mathrm{d}Q_1$ de putere reactivă la generatorul 1.

$$\begin{aligned}
0 &= \frac{\partial f_1}{\partial U_1} \cdot \mathrm{d}U_1 + \frac{\partial f_1}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_1}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 + \frac{\partial f_1}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2\\
\mathrm{d}Q_1 &= \frac{\partial g_1}{\partial U_1} \cdot \mathrm{d}U_1 + \frac{\partial g_1}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial g_1}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 + \frac{\partial g_1}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2\\
0 &= \frac{\partial f_2}{\partial U_1} \cdot \mathrm{d}U_1 + \frac{\partial f_2}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial f_2}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 + \frac{\partial f_2}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2\\
0 &= \frac{\partial g_2}{\partial U_1} \cdot \mathrm{d}U_1 + \frac{\partial g_2}{\partial \theta_1} \cdot \mathrm{d}\theta_1 + \frac{\partial g_2}{\partial U_2} \cdot \mathrm{d}U_2 + \frac{\partial g_2}{\partial \theta_2} \cdot \mathrm{d}\theta_2
\end{aligned} \qquad (13)$$

3.2. În cazul în care pierderile se dau sub forma (6), se obţine din $p \equiv p\,(P_1, Q_1, U_1, U_2, \theta_1, \theta_2)$:

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_1} = \frac{\partial p}{\partial P_1} + \frac{\partial p}{\partial U_1} \cdot \frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial U_2} \cdot \frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}P_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}P_1} \qquad (7''')$$

şi

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}Q_1} = \frac{\partial p}{\partial Q_1} + \frac{\partial p}{\partial U_1} \cdot \frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}Q_1} + \frac{\partial p}{\mathrm{d}U_2} \cdot \frac{\mathrm{d}U_2}{\mathrm{d}Q_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_1}{\mathrm{d}Q_1} + \frac{\partial p}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\mathrm{d}\theta_2}{\mathrm{d}Q_1}$$

în care derivatele $\frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}P_1}$; . . . ; $\frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}Q_1}$; . . . rezultă de asemenea din sistemele de ecuaţii (12) şi (13).

Rezolvarea problemei în cazul sistemelor energetice complexe în modul expus mai sus este dificilă şi necesită calculatoare cifrice rapide.

În metodele de calcul care utilizează coeficienţii B, se consideră, în ipoteza tensiunilor fixate în modul în toate nodurile, în locul relaţiei (7) relaţia simplificată [1] :

$$\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_1}\right)_U \cong \frac{\partial p}{\partial P_1} + \frac{\partial p}{\partial Q_1} \cdot \frac{\mathrm{d}Q_1}{\mathrm{d}P_1}, \qquad (14)$$

în care $\frac{\mathrm{d}Q_1}{\mathrm{d}P_1}$ se introduce sub forma unei constante s_1.

Derivata $\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}P_1}\right)_U$ depinde uneori esenţial de valoarea arbitrară dată constantei s_1,

În lucrările [7], [9] s-a propus scrierea mai simplă a relaţiei (7) sub forma :

$$\left(\frac{\partial p}{\partial P_1}\right)_U \cong \frac{\partial p}{\partial P_1}, \qquad (15)$$

considerînd că în cazurile obişnuit întîlnite în calcul şi la o alegere corespunzătoare a nodului de echilibru, ceilalţi termeni din (7) sînt mici, iar valorile lor greu de evaluat cu precizie [relaţia (9)].

În scopul verificării relaţiei aproximative (15), care s-a scris explicit cu ajutorul coeficienţilor B :

$$\frac{\partial p}{\partial P_i} = 2 \sum_{k=1}^{n} B_{ik}\, P_k,$$

unde

$$B_{ik} = \frac{R_{ik}}{U_i\, U_k} \cos\, \theta_{ik},$$

s-a determinat la calculatorul cifric expresia exactă a derivatei pierderilor în ipotezele :

A — tensiuni în modul fixe la nodurile generatoare [relaţia 7′)] :

B — tensiuni libere în toate nodurile [prima relaţie din (7‴)].

Bibliografie

1] Kirchmayer, L. K. *Economic operation of power systems.* J. Willey, 1958.

[2[Magnien, M. *Discuţie.* Bull. de la Société française des éléctriciens, 1957, p. 414.

[3] Kacianova, N. A. şi Umedian, V. V. *Programmirovanie dlea ţifrovîh vîcislitelnîh maşin raşcetok ekonomiceskovo raspredeleniia nagruzki v energosisteme.* Elektricestvo, nr. 9, 1959.

[4] Sahanov V. S. *Metod i algoritm vîcislenia ekonomiceskovo raspredeleniia aktivnîh nagruzok v slojnîh ghidroteplovîh energosistemah.* Izvestiia Akademii Nauk. SSSR. Energhetika i avtomatika, nr. 1, 1960.

[5] Carpentier, J. *Contribution a l'étude du dispatching economique.* Bull. de la S.F.E., martie 1962.

[6] Tudor, I. şi Lewis, W. *Transmission losses and economic loading by the use of admittance constants.* IEE Transactions of Power Apparatus and Systems, oct. 1963.

[7] * * * *Studiul repartiţiei optime a puterilor în sistemul energetic R.P.R. folosind maşinile de calcul.* Studiu IRME, cda. 6004/1963.

[8] * * * *Deducerea caracteristicilor creşterilor relative ale centralelor.* Studiu IRME, cda. 6004/1963.

[9] Manea, F., Ionescu, S. şi Popescu, D. *Repartiţia optimă a puterilor între centrale. Influenţa diverselor moduri de considerare a pierderilor din reţele.* Energetica nr. 10, 1964.

Inginer IOAN RUSMĂNICĂ

1908 – 1964

La 21 septembrie 1964 a încetat din viaţă inginerul Ioan Rusmănică — directorul tehnic al Întreprinderii de construcţii hidroenergetice din ţara noastră, personalitate de seamă a tehnicii romîneşti şi constructor al unora dintre cele mai importante realizări ale Planului de electrificare.

Fiu de ţăran, născut la 6 octombrie 1908 în satul Tohanul-Nou, din regiunea Braşov, după absolvirea şcolii primare din satul natal, în perioada primului război mondial, cu dragoste de carte a urmat în continuare liceul la „Andrei Şaguna" din oraşul Braşov, remarcîndu-se încă din această perioadă o fire analitică şi cu aplicaţii pentru disciplinele tehnice. După absolvirea liceului a continuat în condiţii materiale grele cursurile Şcolii politehnice din Bucureşti, instituţie cu veche tradiţie tehnică în ţara noastră, obţinînd diploma de inginer constructor în anul 1933.

Activitatea de inginer şi-a început-o în cadrul eşaloanelor de lucrări speciale ale Direcţiei generale a căilor ferate, care executa în acea vreme cele mai importante lucrări de construcţii complexe. În această perioadă a activat la realizarea liniilor de cale ferată Homorod — Şercaia, Bumbeşti — Livezeni şi importantul viaduct de la Cracău, lucrări pe care le-a condus direct în cea mai mare parte, fiind apreciat ca un eminent constructor şi excelent organizator.

Din anul 1951 activitatea inginerului Ioan Rusmănică s-a desfăşurat în cadrul realizării Planului de electrificare.

Astfel a participat şi a condus direct construirea marilor baraje de la : Izvorul Muntelui — Bicaz, Negovanu — Sadu V, Teliuc, Secu, Firiza, precum şi a galeriilor din cadrul amenajării centralei hidroelectrice „V. I. Lenin"-Bicaz şi a alimentării cu apă a C. S. Hunedoara, realizări de care este legată activitatea creatoare şi organizatorică a inginerului Ioan Rusmănică.

Contribuţia sa la realizarea acestor lucrări a cuprins toate aspectele importante de la munca de cercetător la aceea de organizator direct.

Metodele de lucru ale inginerului Ioan Rusmănică au condus continuu la îmbunătăţirea soluţiilor tehnice adaptate la tehnica cea mai nouă, îmbinată cu posibilităţile de realizare de pe şantier.

La lucrările deosebit de grele, cum sînt cele de tunele-baraje, a contribuit cu soluţii originale, care i-au adus aprecierea specialiştilor din ţară şi de peste hotare.

În toată activitatea sa a fost un îndrumător sincer şi apropiat al muncitorilor şi maiştrilor de pe şantier, fiind continuu alături de ei în situaţiile grele pe care munca de constructor le are de învins, cîştigîndu-şi încrederea lor.

Inginerii care au colaborat cu inginerul Ioan Rusmănică au cunoscut în el nu numai un conducător, ci şi un bun prieten, ale cărui intervenţii, cu toată autoritatea tehnică în problemele pe care le trata, nu au afectat personalitatea subalternilor.

Pentru toţi cei cu care a colaborat, inginerul Ioan Rusmănică a fost un sfătuitor competent şi un exemplu de seriozitate, răbdare, perseverenţă, modestie şi onestitate.

Pentru meritele deosebite avute la realizarea lucrărilor la care a participat, precum şi pentru neobosita sa activitate tehnică, a fost decorat cu Steaua Republicii Populare Romîne cl. a II-a, Ordinul Muncii cl. a III-a şi distins cu titlul de Laureat al Premiului de Stat al Republicii Populare Romîne, în anul 1963.

NOI ACTE NORMATIVE

INTERESÎND SECTORUL ENERGETIC

1. Prin ordinul M.M.E.E. nr. 147/17.II.1964 s-a aprobat *Indrumătorul pentru executarea măsurărilor termotehnice la întocmirea bilanțurilor energetice și la exploatarea agregatelor industriale*, purtînd indicativul E 34—64 al Inspecției energetice.

2. Prin ordinul M.M.E.E. nr. 231/27.II.1964 s-au aprobat *Prescripțiile pentru calculul izolațiilor termice ale instalațiilor*, avînd indicativul E 35—64 al Inspecției energetice. Aceste prescripții intră în vigoare pe data de 1 noiembrie 1964.

3. Prin ordinul M.M.E.E. nr. 1227/15.X.1964 s-au aprobat *Recomandările privind utilizarea uleiurilor minerale la turbinele de abur*, purtînd indicativul E 36—64 al Inspecției energetice.

4. La Departamentul Energiei Electrice și la Inspecția energetică din M.M.E.E. se găsesc în curs de definitivare noile *Instrucțiuni privind determinarea eficienței economice a instalațiilor de compensare a puterii reactive*, care vor înlocui instrucțiunea actualmente în vigoare nr. 58—55, emisă de fostul Minister al Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice. Noile instrucțiuni vor intra în vigoare pe data de 1 iulie 1965 *).

5. Prin ordinul M.M.E.E. nr. 1434 din 30.XII.1963 și cu avizul nr. 107234 din 14.XII.1963 al Consiliului Superior al Agriculturii, s-a aprobat *Normativul condiționat pentru proiectarea, executarea și recepția instalațiilor electrice de utilizare pînă la 1 000 V în gospodăriile agro-zootehnice și individuale rurale*, în condiții speciale (Normativ I.D. 2—63, poligrafiat prin Rotaprint la ISPH, 1964).

---

*) În legătură cu înlocuirea instrucțiunii 58—55 cu noi instrucțiuni, care au la bază unele principii diferite față de instrucțiunea 58—55, redacția revistei „Energetica" a stabilit să nu mai publice articole sau note în legătură cu prevederile instrucțiunii nr. 58—55.

Au apărut

- CERCETAREA COMPORTĂRII ÎN EXPLOATARE A CAZANELOR IPROM de 24 t/h
- RECOMANDĂRI PENTRU ALEGEREA, INSTALAREA ȘI MONTAREA BOBINELOR DE STINGERE
- REZULTATE PRIVIND PUNEREA LA PUNCT A CAZANULUI TGM-84 DE 420 t PENTRU FUNCȚIONAREA PE GAZE.

din seria „GENERALIZAREA EXPERIENȚEI DE EXPLOATARE".

și

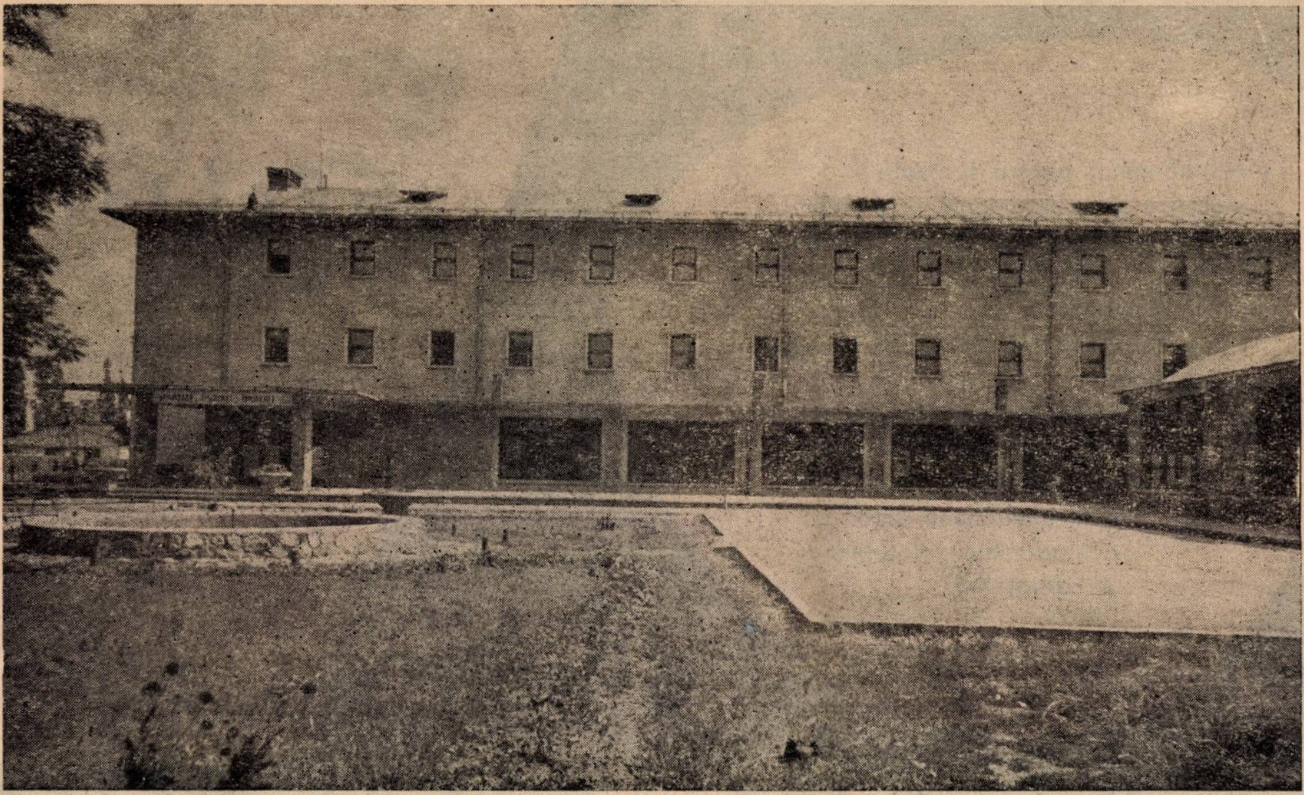
- LUCRĂRI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE I.R.M.E.

editate de Întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția : București, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administrația: IPROMIN București, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : IPROMIN — Publicațiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala București. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „INFORMAȚIA", București — c. 3155.

Taxele poștale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

41 401



GRUPUL ŞCOLAR DE ENERGIE ELECTRICĂ

CÎMPINA

STR. GRIVIŢEI Nr. 1 • TELEFON 1922

PREGĂTEŞTE

MUNCITORI CALIFICAŢI	DINTRE ABSOLVENŢII ŞCOLII DE 7 ANI
PERSONAL TEHNIC	DINTRE ABSOLVENŢII ŞCOLII DE CULTURĂ GENERALĂ, CU ŞI FĂRĂ EXAMEN DE MATURITATE
MAIŞTRI	RECRUTAŢI DE ÎNTREPRINDERILE BENEFICIARE

Pentru înscrieri cei interesaţi se vor adresa secretariatului şcolii

- echipamente pentru centrale electrice și echipamente termotehnice
- mașini electrice de curent alternativ trifazic și monofazic
- transformatoare
- aparataj electric de joasă și înaltă tensiune
- echipamente complete de distribuție de joasă și înaltă tensiune
- echipamente și accesorii pentru tracțiune electrică
- echipamente teletehnice și radiotehnice

Elektrim

VĂ OFERĂ:

- instrumente de măsură electrice și electronice
- echipamente pentru tehnică nucleară
- material de instalații și iluminat
- acumulatoare
- echipamente electrice pentru mine

Elektrim

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU COMERȚ EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTRIC

ELEKTRIM

VARȘOVIA – POLONIA
STR. CZACKIEGE 15/17
CĂSUȚA POȘTALĂ: 638 ◎ TELEX: 81–347

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.316.11.001.24

Groza, L.: **Новейшие достижения в области использования электронных счетно-вычислительных машин в связи с вопросами планирования сетей**

Освещается нынешнее положение в области трактовки и планирования сетей и отмечаются возможности, открываемые автоматизацией расчетов, а также внедрением расчета вероятностей, благодаря повышению мощности и быстроты электронных счетно-вычислительных машин.

Energetica 12 (1964), № 10, стр. 502–506

ДК 621.316.11: 621.3.017

Manea, F., Ionescu, S. и *Popescu, D.:* **Влияние различных видов учета потерь в сетях на оптимальное распределение мощностей между электрическими станциями**

Рассматривается постановка вопроса экономического распределения а также его современные решения, с учетом потерь мощности в сетях.

Energetica 12 (1964), № 10, стр. 507–513

ДК 621.316.11: 621.3.016.3

Chirculescu, N.: **К вопросу теории оптимизации режимов работы энергетических систем**

Приводятся общие уравнения оптимального распределения мощностей в энергетической системе, применительно к случаю, в котором в равновесном узле находится станция с распределяемой мощностью.

Energetica 12 (1964), № 10, стр. 514–520

ДК 621.316.11: 621.3.016.31

Arie, E. и *Pomîrleanu, M.:* **Решение на аналогичной вычислительной машине Мекан II задачи распределения**

Energetica 12 (1964), № 10, стр. 520–525

ДК 621.316.11: 621.3.016.31

Semlyén, A.: **Об оптимальном распределении нагрузки между электрическими станциями и агрегатами**

Показано, что характеристика общих минимальных расходов в зависимости от местности имеет форму огибающей характеристик для данного количества находящихся в действии агрегатов. Целесообразность пуска, останова, а также оптимальной нагрузки агрегата вытекает из сравнения соответствующей характеристики расходов с дифференциальной стоимостью выработки в системе, с одновременным учетом стоимости потерь в сети.

Energetica 12 (1964), № 10, стр. 526–534

ДК 621.316.11: 621.3.016.31

Semlyén, A., Bucea, C. şi *Crişan, O.:* **Сравнительное исследование определения оптимального распределения нагрузки по электрическим станциям посредством моделирования**

С помощью расчета и моделирования определяется оптимальные распределение нагрузок по электрическим станциям данной системы, с учетом потерь в сети. Сопоставляются полученные результаты, в целях определения целесообразности применения метода, а также возможных ограничений с точки зрения точности модели оптимального распределения.

Energetica 12 (1964), № 10, стр. 534–538

ДК 621.316.11: 621.3.016.31

Ionescu, S., Agalidi, E. и *Martac, D.:* **Программа оптимального распределения мощностей электростанций для цифровых вычислительных машин**

Energetica 12 (1964), № 10, стр. 538–544

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.316.11.001.24

Groza, L. : **Neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Anwendung elektronischer Rechenmaschinen bei der Planung von Netzen**

Es wird die gegenwärtige Behandlung von Netzplanungen dargestellt und die künftigen, sich infolge Automatisierung der Berechnung und Einführung der Wahrscheinlichkeitsrechnung mit Hilfe moderner elektronischer Rechenmaschinen mit erhöhten Leistungen und Geschwindigkeit ergebenden Möglichkeiten erörtert.

Energetica 12 (1964), H. 10, S. 502–506

DK 621.316.11: 621.3.017

Manea, F., Ionescu, S. und *Popescu, D.* : **Einfluss verschiedener Betrachtungsweisen der Netzverluste auf die optimale Leistungverteilung zwischen Elektrizitätswerken**

Es wird die Fragestellung der wirtschaftlichen Leistungsverteilung und ihre moderne Lösungen mit Berücksichtigung det Leitungsverluste in den Netzen erörtert.

Energetica 12 (1964), H.10, S. 507–513

DK 621.316.11: 621.3.016.3

Chirculescu, N. : **Beitrag zur Theorie der Optimierung von Betriebszuständen elektrischer Netze**

Darstellung der allgemeinen Gleichungen optimaler Leistungsverteilung in einem elektrischen Netz, mit besonderer Berücksichtigung eines im Gleichgewichtknoten befindlichen Elektrizitätswerks mit verteilbarer Leistung.

Energetica 12 (1964), H. 10, S. 514–520

DK 621.316.11: 621.3.016.31

Arie, E. und *Pomîrleanu, M.* : **Lösung einer Verteilungsaufgabe mit Hilfe des Analogrechners MECAN II**

Energetica 12 (1964), H. 10, S. 520–525

DK 621,316.11: 621.3.016.31

Semlyén, A. : **Uber optimale Leistungsverteilung zwischen Werk und Sätzen**

Es wird nachgewiesen, dass die Charakteristik der geringsten Gesamtkosten als Funktion der Leistung die Hüllkurve der Charakteristiken für eine gegebene in Betrieb befindliche Anzahl von Sätzen ist. Die Zweckmässigkeit des Anfahrens und Ausblasens, sowie die optimale Belastung jedes Satzes ergibt sich aus dem Vergleich dessen Kostencharakteristik mit den differentialen Etzeugungskosten im Netz, unter Berücksichtigung der Kosten der Netzverluste.

Energetica 12 (1964), H. 10, S. 526–534

DK 621.316.11: 621.3.016.31

Semlyén, A., Bucea, C. und *Crişan, O.* : **Vergleichende Untersuchung bezüglich Bestimmung der optimalen Lastverteilung auf einzelne Werke mit Hilfe von Modellen**

Die optimale Lastverteilung auf die Elektrizitätswerke eines Netzes wird unter Berücksichtigung der Netzverluste durch Berechnung und Modellierung erörtert. Die Ergebnisse werden verglichen zwecks Untersuchung der Verwendbarkeit des Verfahrens und Bestimmung eventueller, sich aus dem Genauigkeitsgrad des Modells ergebender Grenzen.

Energetica 12 (1964), H. 10, S. 534–538

SK 621.316.11: 621.3.016.31

Ionescu, S., Agalidi, E. und *Martac, D.* : **Programm für digitale Recher für optimale Verteilung der Leistung von Kraftwerken**

Energetica 12 (1964), H. 10, S. 538–544

SOMMAIRE

CD 621.316.11.001.24

Groza, L. : **Evolutions récentes dans l'utilisation des calculateurs électroniques pour résoudre la problèmes de planification des réseaux**

L'auteur indique la phase actuelle de l'étude de la planification des réseaux et les possibilités ouvertes par l'automation des calculs et par l'introduction du calcul des probabilités étant donné l'augmentation de la capacité et de la vitesse des calculateurs électroniques.

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 502–506

CD 621.316.11: 621.3.017

Manea, F., Ionescu, S. et *Popescu, D.* : **Influence du mode de traitement des pertes dans les réseaux sur la répartition optimum des puissances entre les centrales**

L'article présente le problème de la répartition économique et ses solutions modernes en tenant compte des pertes de puissance dans les réseaux.

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 507–513

CD 621.316.11: 621.3.016.3

Chirculescu, N. : **Contribution à la théorie d'optimation des régimes de fonctionnement des réseaux**

Les équations générales de la répartition optimum des puissances dans un réseau sont indiquées dans l'article, l'auteur les appliquant ensuite à un cas où le noeud d'équilibre comprend une centrale à puissance pouvant être répartie.

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 514–520

CD 621.316.11: 621.3.016.31

Arie, E. et *Pomîrleanu, M.* : **Problème de répartition résolu à l'aide du calculateur analogique MECAN II**

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 520–525

CD 621.316.11: 621.3.016.31

Semlyén, A. : **Répartition optimum de la charge par centrales et groupes**

L'auteur montre que la courbe caractéristique des coûts totaux minimum par rapport à la puissance est l'enveloppe des caractéristiques pour un nombre donné de groupes en fonction. Le moment du démarrage, de l'arret ainsi que la charge optimum du groupe résultent de la comparaison entre sa caractéristique de coûts et le coût différentiel de production dans le réseau, en considérant aussi le coût des pertes dans le réseau.

Energetca 12 (1964), nr. 10, p. 526–534

CD 621.316.11: 621.3.016.31

Semlyén, A., Bucea, C. et *Crişan, O.* : **Etudes comparatives sur la détermination de la répartition optimum de la charge par centrales à l'aide d'un modèle**

La répartition optimum de la charge aux centrales d'un réseau est déterminée par calcul et modèle en tenant compte aussi des pertes dans le réseau. Les résultats obtenus sont comparés en vue d'établir l'utilité de la méthode et les limites de précision du modèle de répartition optimum.

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 534–538

CD 621.316.11: 621.3.016.31

Ionescu, S., Agalidi, E. et *Marțac, D.* : **Programme de répartition optimum des puissances des centrales électriques pour des calculateurs numériques**

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 538–544

CONTENTS

DC 621.316.11.001.24

Groza, L. : **Recent progress in the use of electronic computers for system planning**

The author shows the actual stage of system planning and the new possibilities arising by automatic computation and the introduction of the calculation of probability owing to the increase of capacity and speed of electronic computers

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 502–506

DC 621.316.11: 621.3.017

Manea, F., Ionescu, S. and *Popescu, D.* : **Influence of different methods of treating losses in the system upon optimum power distribution between power stations**

Method of stating the problem of economic distribution and modern solutions considering power losses in the system.

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 507–513

DC 621.316.11: 621.3.016.3

Chirculescu, N. : **Contribution to the theory of the optimisation of operating conditions in power systems**

The general equations for optimum power distribution in a system are included in this article, followed by their application to a case where a station with available power is located in the center of equilibrium.

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 514–520

DC 621.316.11: 621.3.016.31

Arie, E. and *Pomîrleanu, M.* : **Distribution problem solved by the analogic computer MECAN II**

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 520–525

DC 621. 316.11: 621.3.016.31

Semlyén, A. : **Optimum distribution of the load between power stations and units**

The minimum total cost characteristic depending on power appears as the envelope of the characteristics for a certain number of operating units. The time of starting, stopping and the optimum load of the unit result from the comparison between the cost characteristic with the differential cost of production of the system, considering also the cost of losses in the system.

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 526–534

DC 621.316.11: 621.3.016.31

Semlyén, A., Bucea, C. and *Cişan, O.* : **Comparative investigations on the optimum load distribution to power stations by aid of a model**

The optimum load distribution to the power stations in a system is determined by calculation and by using a model, considering also the losses in the system. The results are compaired in view to establish the utility of this method and its possible boundaries as regards the accuracy of the model of optimum distribution.

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 534–538

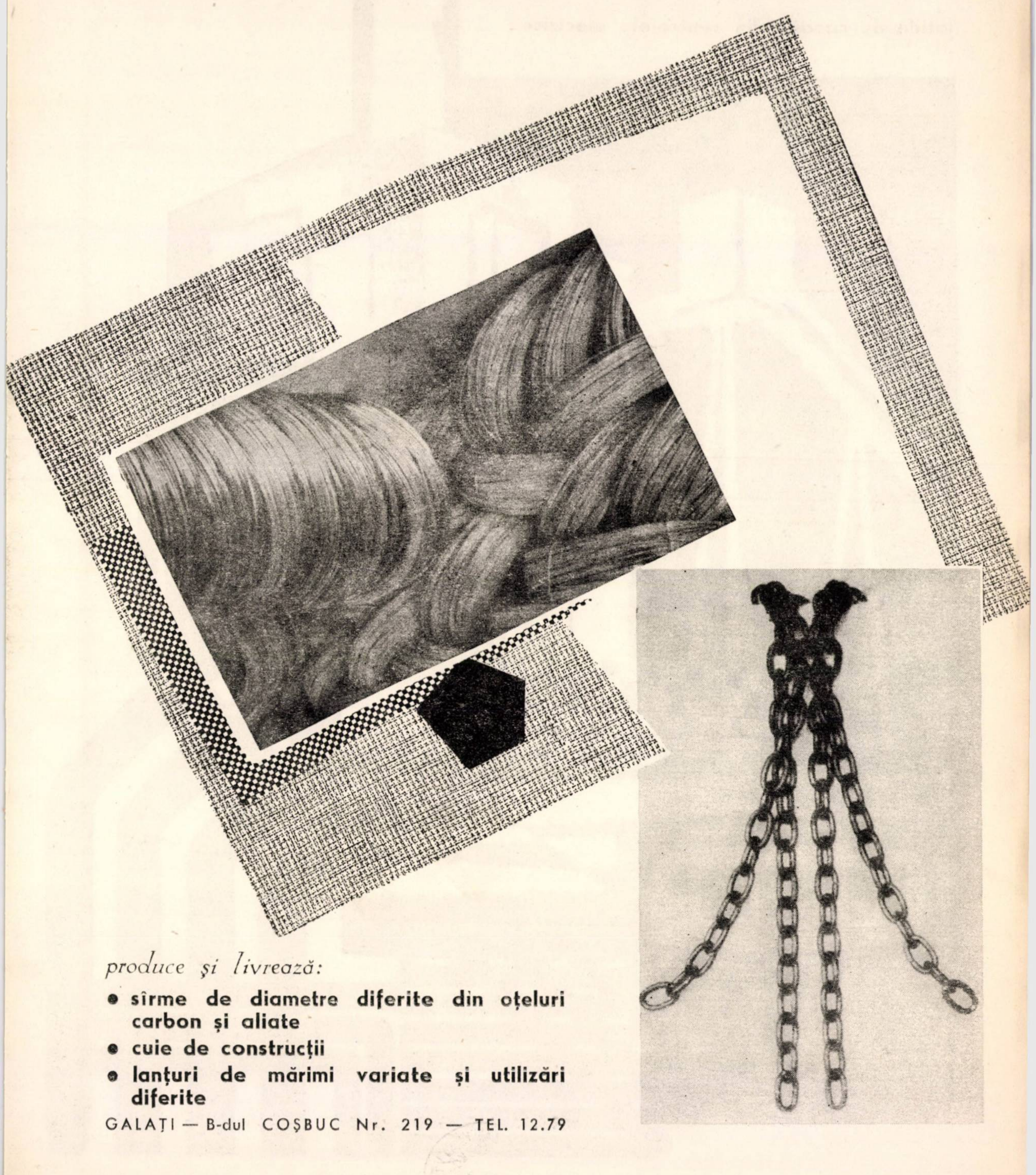
DC 621.316.11: 621.3.016.31

Ionescu, S., Agalidi, E. and *Marțac, D.* : **Program for the optimum distribution of power station loads, for digital computers**

Energetica 12 (1964), nr. 10, p. 538–544

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

INDUSTRIA DE SIRMA CUIE ŞI LANŢURI

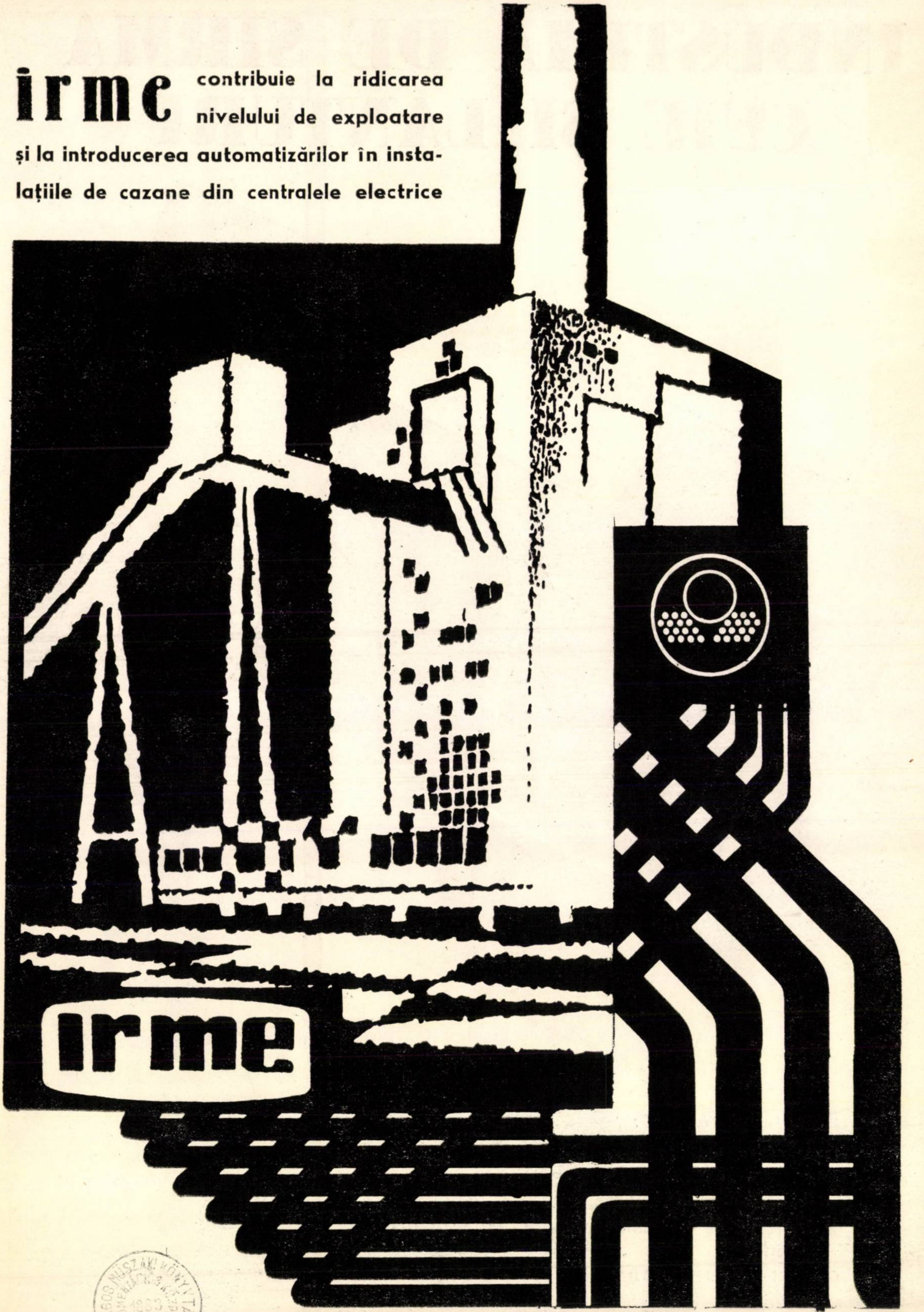


produce şi livrează:

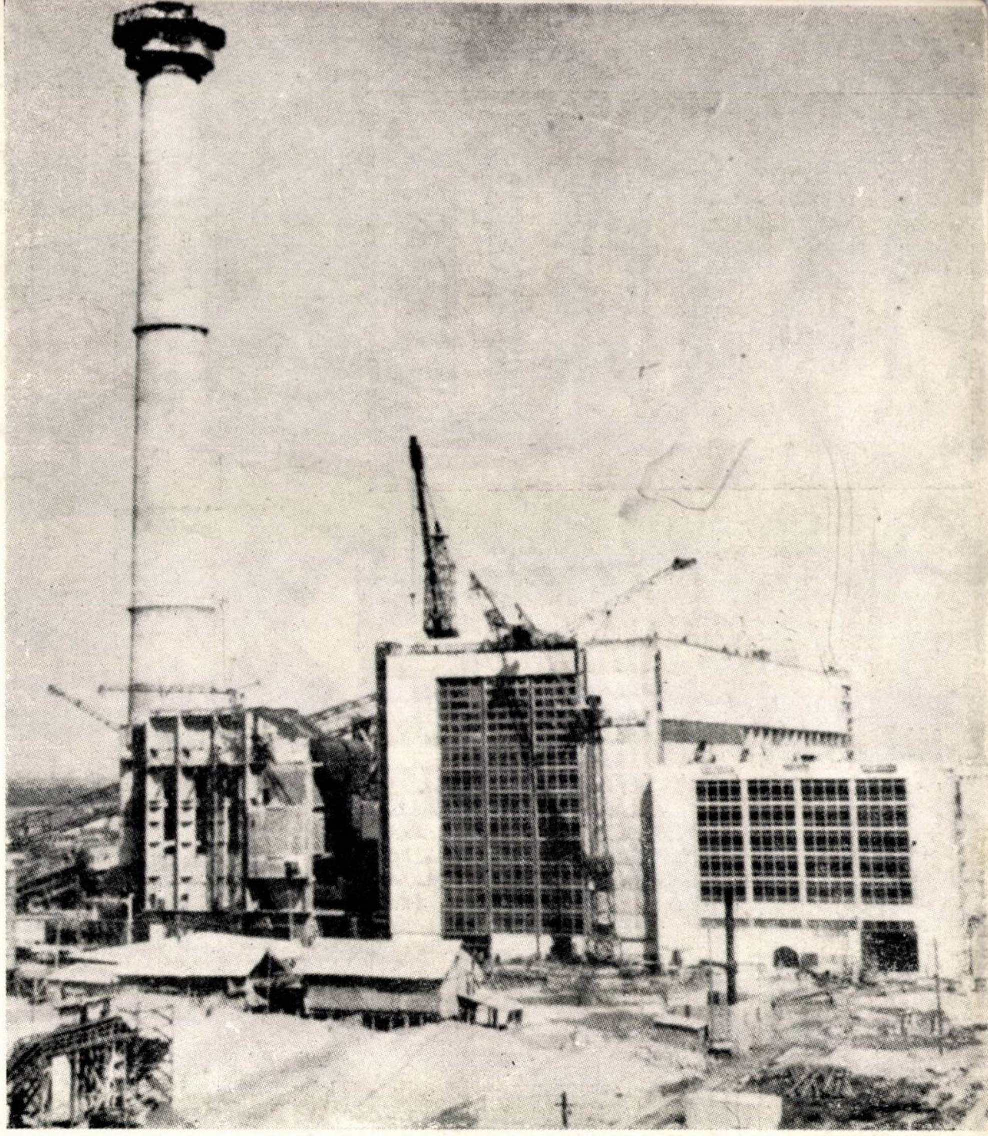
- **sîrme de diametre diferite din oţeluri carbon şi aliate**
- **cuie de construcţii**
- **lanţuri de mărimi variate şi utilizări diferite**

GALAŢI — B-dul COŞBUC Nr. 219 — TEL. 12.79

irme contribuie la ridicarea nivelului de exploatare și la introducerea automatizărilor în instalațiile de cazane din centralele electrice



ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1963



EXECUTĂ

LUCRĂRI

DE MONTAJ

- CENTRALE ELECTRICE
- CENTRALE HIDROELECTRICE
- COMPENSATOARE SINCRONE
- INSTALAȚII ELECTRICE
- INSTALAȚII DE MĂSURĂ

IMCE

BUCUREȘTI
Calea Dorobanților
nr. 105
Raionul
30 Decembrie
Telefon 11.14.10

I.S.P.H.

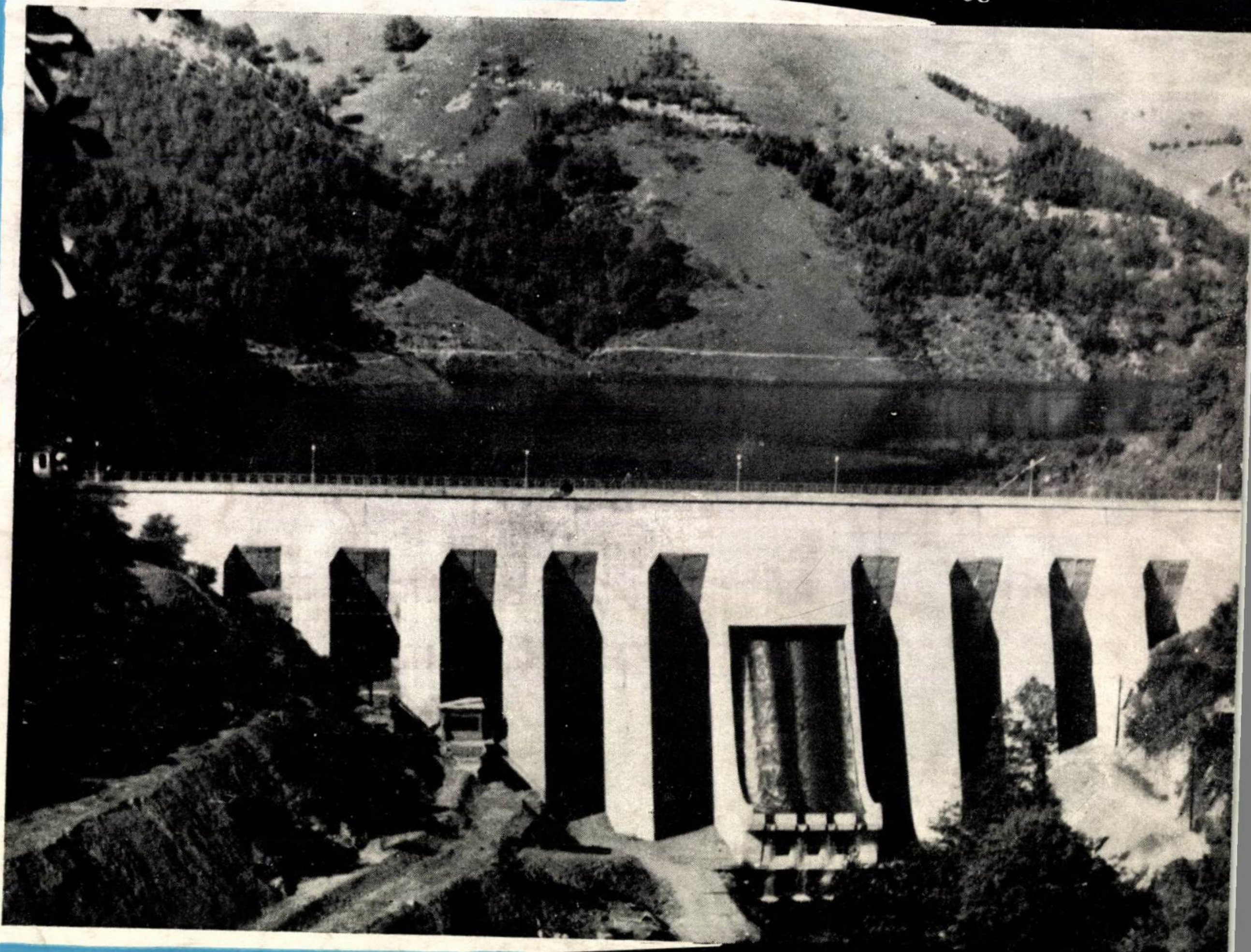
INSTITUTUL DE STUDII ȘI PROIECTĂRI HIDROENERGETICE

ÎNTOCMEȘTE

STUDII DE TEREN GEOLOGICE, GEOTEHNICE, HIDROLOGICE, GEODEZICE ȘI TOPOGRAFICE

PROIECTE AMENAJĂRI DE COMPLEXE HIDROENERGETICE, UZINE HIDROELECTRICE (BARAJE, ADUCTIUNI CENTRALE ETC.)

CERCETĂRI DE LABORATOR CU



CARACTER GEOTEHNIC, PENTRU LIANȚI, BETOANE, CHIMISMUL APELOR, PE MODELE HIDRAULICE ȘI MODELE STRUCTURALE

BUCUREȘTI

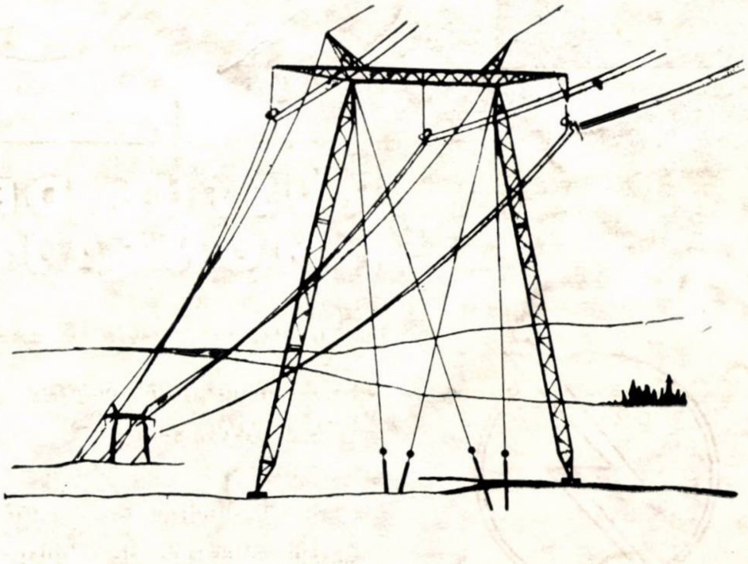
E 2039

REFERÁLVA

R

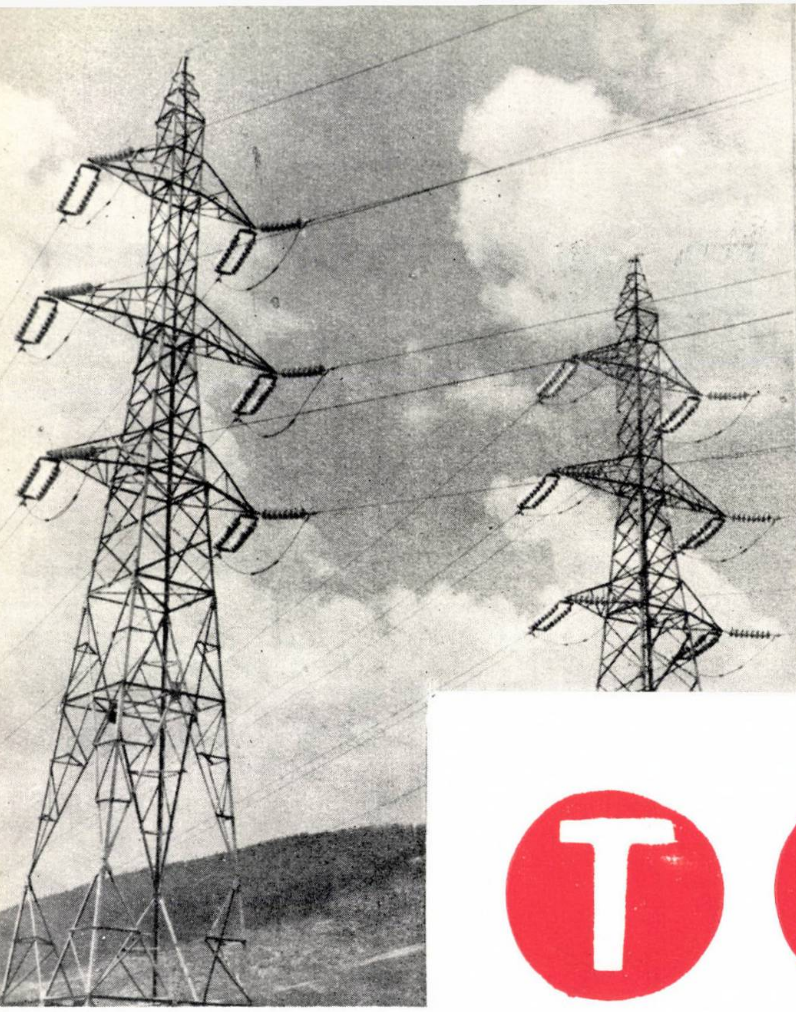
ENERGETICA

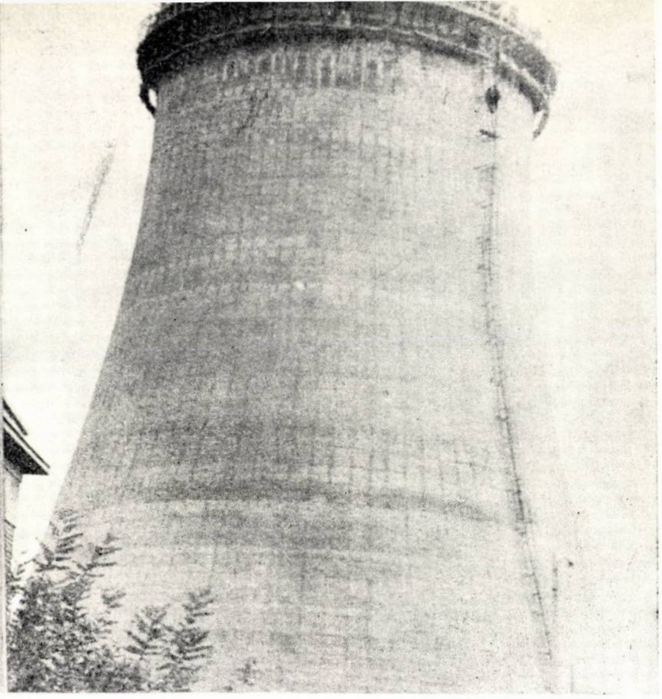
VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 11 ★ ENERGETICA



11

BUCUREȘTI ★ NOIEMBRIE ★ 1964





T C M E

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unităţile sale de construcţii şi montaj:

- Centrale termoelectrice şi de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Staţii electrice şi posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuţie.
- Electrificări rurale

Produce prin unităţile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionaţi.
- Celule şi panouri pentru centrale şi staţii electrice.
- Posturi de transformare urbane şi rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, staţii, posturi de transformare şi linii electrice de transport şi distribuţie.

BUCURESTI, CALEA MOŞILOR 158 — TELEFON 16.63.30

E2039

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL
CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 11 NOIEMBRIE

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Cuprins

Niţu, V., Brădescu, M. şi Costin, Em. **Metode statistico-probabilistice în energetică** 549–562

Albert, H. **Reducerea schemelor electrice utilizate în energetică, folosind calculatoarele numerice** 563–573

Chirculescu, N. **Considerarea noţiunilor „tensiunii de referinţă" şi „nodului sau punctului de balansare" în calculele regimurilor reţelelor sistemelor electrice** 573–579

Collino, A., Ghitta, R. şi Vilan, M. **Unele aspecte ale reparării şi întreţinerii motoarelor Diesel din centralele electrice** 580–587

CRONICĂ

RECENZII

DOCUMENTARE

COMITETUL
DE
REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

IMCE

Execută lucrări de montaj de:

- Centrale termoelectrice cu abur și motoare Diesel
- Centrale hidroelectrice
- Compensatoare sincrone
- Instalații electrice de joasă și inaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare a proceselor tehnologice

BUCUREȘTI, CALEA DOROBANȚILOR 105 ● RAIONUL 30 DECEMBRIE ● TELEFON 11.14.10

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.1.001.24 :519.2

Ниту, В., Брэдеску, М. и *Костин Э.* **Статистико-вероятностные методы в энергетике**

После того как показывается целесообразность применения статистико-вероятностных методов в изучении энергетических систем, уточняется ряд специфических для энергетики понятий, и устанавливаются общие формулы (являяесь введением в конкретные вопросы применения статистико-вероятностных методов в энергетике) по следующим вопросам: степень вероятности возникновения аварии, вероятная частота одновременных аварий и вероятная их продолжительность и т.п., в различных гипотезах схемы установок.

Energetica 12 (1964), № 11, стр. 549–562

ДК 621.316.11

Алберт, Х. **Сокращение электрических схем, применяемых в энергетике с использованием цифровых вычислительных машин**

Рассматриваются новейшие методы применения цифровых счетновычислительных машин для сокращения схем сетей элетроэнергетических систем.

Energetica 12 (1964), № 11, стр. 563–573

ДК 621.316.11

Киркулеску, Н. **Учет понятий: „опорное напряжение'' и „узел или точка балансирования'' при расчете режимов сетей электрических систем**

Излагаются новейшие концещии и понятия, весьма необходимые для новейшей техники расчета режимов электроэнергетических систем с помощью электронно-вычислительных машин.

Energetica 12 (1964), № 11, стр. 573–579

ДК 621.311.23 :621.436.004.67

Коллино, А., Гитта, Р. и *Вилан, М.* **Ряд аспектов ремонта и ухода за дизельными двигателями электростанций**

В статье освещается нынешнее положение в области производства в Румынии чугунных запасных деталей, необходимых для дизельных двигателей средней и медленной скорости, установленных в большинстве случаев на электростанциях. Показан ряд недочетов металлургического происхождения, наблюдаемых на материале этих деталей, проявляющихся главным образом кратковременным сроком работы. Дается ряд показаний относительно направления, которое следует учесть для их устранения и приводятся экономические результаты.

Energetica 12 (9164), № 11, стр. 580–587

ХРОНИКА

РЕЦЕНЗИИ

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.1.001.24 :519.2

Nitu, V., Brădescu, M. und *Costin, Em.*: **Anwendung der statistischen Wahrscheinlichkeit in der Energiewirtschaft**

Nach Bestimmung einiger spezifisch energiewirtschaftlicher Begriffe, werden als Anweisung zur Lösung energiewirtschaftlicher Fragen auf Grund statistischer Wahrscheinlichkeit allgemeine Beziehungen festgelegt bezüglich: Wahrscheinlichkeit von Betriebsstörungen, wahrscheinliche Frequenz simultaner Betriebsstörungen und deren wahrscheinliche Dauer in verschiedenen Schaltbildannahme.

Energetica 12 (1964), H. 11, S. 549–562

DK 621.316.11

Albert, H.: **Vereinfachung in der Energiewirtschaft verwendeter elektrischer Schaltbilder auf Grund Berechnungen mit digitalen Rechenmaschinen**

Es werden moderne, digitale Rechner verwendende Verfahren für Vereinfachung der Schaltbilder elektrischer Netze dargestellt.

Energetica 12 (1964), H. 11, S. 563–573

DK 621.316.11

Chirculescu, N.: **Verwendung der Begriffe Referenzspannung sowie Gleichgewichtknoten (punkt) bei der Berechnung des Betriebszustands elektrischer Netze**

Es wird eine Reihe neuer Beziehungen und Begriffe erörtert, die bei Berechnung von Betriebszuständen elektrischer Netze mittels elektronischer Rechenmaschinen angewendet werden.

Energetica 12 (1964), H. 11, S. 573–579

DK 621.311.23 :621.436.004.67

Collino, A., Ghitta, R. und *Vilan, M.*: **Eigentümlichkeiten der Instandsetzung und Unterhaltung von Dieselmotoren aus Elektrizitätskraftwerken**

Es wird der derzeitige Stand der Herstellung gusseiserner Ersatzteile für langsamlaufende, meistens in Kraftwerken aufgestellten Dieselmotoren in Rumänien dargelegt. Die durch Kurzlebigkeit der Ersatzteile gekennzeichneten Mängel infolge nichtentsprechender hüttenmässiger Verarbeitung der Werkstoffe werden aufgezeigt. Es werden Hinweise zur Beseitigung der Mängel gegeben und die zu erwartenden wirtschaftlichen Folgen nachgewiesen.

Energetica 12 (1964), H. 11, S. 580–587

CHRONIK

BUCHBESPRECHUNG

DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.311.1.001.24 :519.2

Nitu, V., Brădescu, M. et *Costin, Em.* : **Méthodes de calcul statistique et de probabilité appliquées dans l'énergétique**

Après avoir montré l'utilité des méthodes de calcul statistique et de probabilité dans l'étude des réseaux électriques, les auteurs définissent quelques notions spécifiques de l'énergétique et établissent une série de relations générales qui constituent une introduction dans les problèmes d'application des méthodes statistiques et de probabilité de dérangements simultanés et leur durée probable etc., pour différentes hypothèses du schéma des installations.

Energetica 12 (1964), nr. 11, p. 549–562

CD 621.316.11

Albert, H. : **Reduction des schémas électriques utilisés dans l'énergétique à l'aide des calculateurs numériques**

Présentation de méthodes modernes d'application des calculateurs numériques à la réduction des schémas de réseaux électriques.

Energetica 12 (1964), nr. 11, p. 563–573

CD 621.316.11

Chirculescu, N. : **Considération des notions de „tension de référence" et „noeud ou point d'équilibre" dans le calcul des régimes des réseaux électriques**

L'article présente une série de concepts et de notions nouvelles utilisées dans les techniques de calcul avec des calculateurs électroniques pour le calcul du régime des réseaux électriques.

Energetica 12 (1964), nr. 11, p. 573–579

CD 621.311.23 :621.436.004.67

Collino, A., Ghitta, R. et *Vilan, M.* : **Réparation et entretien des moteurs Diesel dans les centrales électriques**

L'article présente l'état actuel de fabrication des pièces de rechange en fonte pour moteurs Diesel à vitesse lente et moyenne installés dans la majorité des cas dans des centrales électriques. On mentionne quelques défauts de nature métallurgique des matériaux utilisés pour ces pièces qui déterminent une durée réduite de fonctionnement. Les auteurs indiquent la manière d'élimination et les conséquences économiques.

Energetica 12 (1964), nr. 11, p. 580–587

CHRONIQUE

COMPTES-RENDUS

DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.311.001.24 :519.2

Nitu, V., Brădescu, M. and *Costin, Em.* : **Statistical and probabilistic methods applied in energetics**

After having shown the statistical and probabilistic methods applied in the investigation of power systems, the authors define several notions specific for energetics and establish a series of general relations (developing thus an introduction to the use of statistical-probabilistic methods in energetics) concerning : the outage probability, the probable frequency of simultan outage and their rate etc., for various assumptions of system diagrams.

Energetica 12 (1964), nr. 11, p. 549–562

DC 621.316.11

Albert, H. : **Reduction of electric diagrams used in energetics by the aid of digital computers**

Up to date methods using digital computers for reducing power system diagrams are discussed by this paper.

Energetica 12 (1964), nr. 11, p. 563–573

DC 621.316.11

Chirculescu, N. : **The concepts of „theoretic value" and „center or point of equilibrium" in the calculation of the operating conditions of power systems**

New concepts and notions required by the computation with electronic computers for the calculation of power system operating conditions, are included in the article.

Energetica 12 (1964), nr. 11, p. 573–579

DC 621.311.23 : 621.436.004.67

Collino, A., Ghitta, R. and *Vilan, M.* : **Some aspects on the repairs and maintenance of Diesel motors used in power stations**

The article presents the actual stage of manufacture in Rumania of cast iron spare parts used for medium and slow speed Diesel motors frequently installed in power stations. Some metallurgy faults of the materials employed for these parts are shown as they determine a short life of the same. The authors show the method for eliminating them and underline the economic consequences.

Energetica 12, (1964), nr. 11, p. 580–587

CHRONICLE

REVIEWS

DOCUMENTATION

ENERGETICA

ANUL 12
1964
Nr. 11
NOIEMBRIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL
CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Metode statistico-probabilistice în energetică

Candidat în ştiinţe tehnice ing. **V. I. Nitu**, mat. **M. Brădescu** şi ing. **Em. Costin**

Noţiuni introductive

Articolul de faţă este primul dintr-o serie de articole care vor încerca să prezinte rezultatele obţinute şi posibilităţile create prin introducerea în cadrul calculelor sistemelor energetice a unor metode matematice moderne — calcule probabilistice şi statistice.

Deşi adoptate relativ recent la studiul sistemelor electroenergetice, metodele statistico-probabilistice au căpătat o dezvoltare rapidă, fiind în prezent utilizate în domenii variate, ca: stabilirea nivelului de siguranţă în funcţionarea reţelelor şi sistemelor electrice; aprecierea perspectivei dezvoltării consumului de energie electrică; evaluarea rezervei necesare în sistemele energetice şi a momentului în care devine necesară creşterea puterii instalate în sistem; calculul regimurilor nesimetrice şi nesinusoidale în sistemele electrice cu tracţiune monofazată; determinarea sarcinilor de calcul la calculul mecanic al stîlpilor etc.

Utilizarea metodelor statistico-probabilistice permite într-o serie de cazuri să se facă aprecieri cantitative ale unor fenomene care înainte erau supuse în special aprecierilor subiective de ordin calitativ, punînd în mîna personalului de specialitate un instrument ştiinţific de analiză a acestor fenomene. Cazul aprecierii siguranţei de funcţionare a instalaţiilor în sistemele energetice este concludent; în afara metodelor probabilistice, nu se cunoaşte nici un criteriu stabilit pe baze ştiinţifice care să permită aprecieri — fie ele şi calitative — ale siguranţei comparative la schemele sistemelor.

În alte domenii, utilizarea calculelor statistice şi probabilistice permite obţinerea unor rezultate mai exacte sau simplifică operaţiile de calcul necesare. Acesta este cazul, de exemplu, pentru determinarea dezvoltării consumului de energie electrică al unor consumatori în perspectivă.

În prima parte a seriei de articole iniţiate pe această temă vor fi studiate condiţiile de siguranţă în funcţionarea sistemelor energetice în ansamblu şi a diferitelor instalaţii (staţii, centrale) în parte.

După cum se va arăta în mod amănunţit în părţile următoare, stabilirea unor criterii obiective de apreciere a siguranţei în funcţionarea instalaţiilor conduce în mod direct la obţinerea unor criterii precise de dimensionare a rezervei necesare în instalaţii (rezervă în linii şi staţii, rezervă rece şi turnantă în centralele electrice). Această rezervă poate fi dimensionată atît în funcţie de criteriul siguranţei în funcţionare privit în mod izolat, cît şi în funcţie de aprecierea tehnico-economică comparativă a daunelor provocate prin întreruperi, faţă de cheltuielile legate de dezvoltarea instalaţiilor.

Funcţionarea sistemelor energetice este afectată de diverşi factori, care determină în ultimă analiză necesitatea existenţei unor rezerve de instalaţii; dintre aceşti factori, mai importanţi sînt:

— avarierea oricăruia din elementele componente ale sistemului energetic (cazan, turbină, generator, instalaţie auxiliară, transformator, sistem de bare, linie etc.);

— lipsa apei în anumite perioade la centralele hidroelectrice (în afara cazurilor prevăzute în proiect) din cauze fortuite;

— reducerea puterii centralelor de termoficare, datorită micşorării consumului de căldură;

— creşterea consumului peste valorile prevăzute.

Deoarece fiecare din aceşti factori poate fi considerat ca prezentînd un caracter întîmplător, aprecierea efectelor globale medii pe care le au asupra funcţionării sistemelor energetice, apariţia tuturor factorilor (în mod fortuit) se supune legilor teoriei probabilităţilor şi poate fi obţinută pe bază de date statistice. Odată precizate aceste efecte, pot fi indicate şi măsurile cele mai eficace din punct de vedere tehnic şi economic pentru asigurarea funcţionării continue a sistemului sau a anumitor consumatori.

Pentru a putea trece la descrierea metodelor de calcul aplicabile cazurilor întîlnite în practică, este necesară introducerea unor noţiuni specifice şi stabilirea unor relaţii generale care să poată fi ulterior utilizate în diverse situaţii*.

Precizarea acestor noţiuni şi relaţii face tocmai obiectul prezentului articol.

Date statistice de bază şi probabilităţi rezultate din ele

Aprecierea „disponibilităţii" sau „indisponibilităţii" unui agregat din sistemul energetic (cazan, turbină, generator, linie, întrerupător, transformator etc.) nu se poate face pe baza unor considerente teoretice, ci numai în urma analizării funcţionării în timp a agregatului respectiv.

Datele statistice, furnizate de comportarea unui mare număr de astfel de instalaţii (similare din punctul de vedere al construcţiilor) într-o perioadă de timp suficient de lungă, ne oferă posibilitatea definirii probabilităţii de indisponibilitate a acestor instalaţii.

În acest scop trebuie în prealabil să determinăm perioadele caracteristice de funcţionare a instalaţiei, după cum urmează :

1) timpul programat T_p — perioada de timp în care instalaţia este programată să funcţioneze ;

2) timpul de funcţionare T_f — perioada de timp în care instalaţia funcţionează efectiv ;

3) timpul de întrerupere provenit din deranjamente (avarii) T_d — perioada de timp în care instalaţia, deşi este programată să funcţioneze, rămîne totuşi inactivă datorită deranjamentelor ;

4) timpul de repaus T_r — perioada de timp în care nu se cere ca instalaţia să funcţioneze sau să fie în reparaţie ;

5) timpul de întreţinere T_i — perioada de timp programată pentru întreţinerea instalaţiei (revizie planificată, reparaţie capitală).

Unitatea de timp statistică T, adică perioada totală în care s-a observat comportarea instalaţiei (poate fi an, lună, zi, chiar oră), se compune din timpul programat, timpul de repaus şi timpul de întreţinere :

$$T = T_p + T_r + T_i. \qquad (1)$$

Deoarece se deduce din cele de mai sus că $T_p = T_f = T_d$, urmează :

$$T = T_f + T_d + T_r + T_i. \qquad (2)$$

Raportul $q = \frac{T_d}{T_p} = \frac{T_d}{T_f + T_d}$ indică frecvenţa corespunzătoare realizării evenimentului constînd în indisponibilitatea instalaţiei în decursul perioadei T_p.

Frecvenţa q, definită mai sus, variază de la perioadă la perioadă (de exemplu de la an la an) ; valorile sale, obţinute într-o succesiune de perioade, constituie un şir aleatoriu oscilînd în jurul unei valori medii, care, neputînd fi stabilită în mod valabil, deci la sfîrşitul unui mare număr de perioade, s-ar putea să nu mai prezinte interes (instalaţia a îmbătrînit între timp).

Dimpotrivă, diferiţii timpi (T_d^i, T_f^i), corespunzători tuturor instalaţiilor de acelaşi tip aparţinînd sistemului, constituie un şir aleatoriu, permiţînd a se determina, pentru fiecare perioadă T, frecvenţa indisponibilităţii unei „instalaţii medii" :

$$q = \frac{\sum_i T_d^i}{\sum_i (T_d^i + T_f^i)}. \qquad (3)$$

Frecvenţele periodice q obţinute mai sus, succesiv, de-a lungul unui număr oarecare de perioade, constituie de asemenea un şir aleatoriu.

Valoarea medie cumulată a acestor frecvenţe, adică valoarea periodică a lui q obţinută prin cumularea la timpii (T_d, T_f) din perioada respectivă a timpilor similari din perioadele anterioare, tinde a se stabiliza (relativ repede) o dată cu creşterea numărului de perioade T.

Această valoare medie (cumulată) a frecvenţelor q, corespunzătoare unui număr de perioade suficient de mare (5 — 10 ani) pentru a-i asigura stabilitatea (a-i asigura o variaţie relativ mică la o creştere oarecare a numărului de perioade), poate fi utilizată pentru prevederea indisponibilităţilor viitoare ale instalaţiei în decursul unei perioade oarecare T.

În concluzie, valoarea cumulată a frecvenţelor q, fiind o valoare statistică medie, reprezentînd frecvenţa unor evenimente trecute, nu poate fi asimilată unei probabilităţi de realizare a unor evenimente viitoare (nu poate deveni probabilitate a posteriori) decît dacă :

1) numărul de perioade care au permis determinarea ei este suficient de mare pentru a-i asigura stabilitatea (în sensul precizat mai sus) ;

2) instalaţia la care vrem s-o aplicăm (drept indicator al indisponibilităţii sale periodice ulterioare) a fost plasată în decursul probelor, în condiţii de funcţionare care să elimine orice cauză de eroare sistematică. Vom considera valoarea medie stabilizată a frecvenţei drept probabilitate de indisponibilitate fortuită (avarie) a instalaţiei în orice perioadă viitoare T şi o vom nota tot cu q.

Valoarea complementară a lui q, adică $p = 1 - q$, va fi considerată drept probabilitate de disponibilitate sau de funcţionare a instalaţiei considerate (exemplul 1, anexa 1).

---

* Deoarece prezentarea noţiunilor fundamentale de teoria probabilităţilor depăşeşte posibilităţile de încadrare în spaţiul unui articol, ele vor fi presupuse cunoscute. Pentru trecerea lor în revistă poate fi consultată oricare din lucrările de specialitate existente [1], [2], [3].

Dacă reprezentăm diferitele perioade de funcționare T_f, precum și perioadele de defectare T_d, prin intervale alternante pe o dreaptă, atunci probabilitatea ca instalația să fie indisponibilă la un moment oarecare este reprezentată prin probabilitatea geometrică ca un punct să aparțină unui interval T_f, probabilitate ce se definește prin raportul dintre lungimea totală a intervalelor T_f și lungimea tuturor intervalelor alcătuind perioada T considerată, și deci coincide cu q.

Această interpretare geometrică a probabilității de avarie q exprimă cît se poate de limpede că noțiunea de probabilitate de avarie, așa cum a fost concepută mai sus, n-are nimic comun cu ideea de timp (nici ca moment, nici ca durată). deși a fost definită ca un raport de durate; în special subliniem faptul că această probabilitate nu furnizează nici o informație despre durata reală a unei avarii oarecare.

Referindu-se la o durată T_p în care instalația este programată să funcționeze, probabilitatea q indică fracțiunea probabilă din T_p în care instalația nu va funcționa.

Probabilitatea de indisponibilitate fortuită (avarie) a unui complex de instalații conectate în serie

Considerăm un complex alcătuit din n instalații conectate în serie, astfel încît indisponibilitatea uneia din instalații atrage după sine scoaterea din funcțiune a întregului complex.

Calculul probabilității de indisponibilitate a complexului se face admițînd că indisponibilitățile elementelor sale sînt evenimente fortuite independente între ele.

Rezultă, așadar, că funcționarea complexului este un eveniment care constă în funcționarea simultană a tuturor elementelor sale.

Notînd cu q_i probabilitatea de indisponibilitate a elementului i din complex, regula probabilității compuse a evenimentelor independente ne conduce la următoarea expresie pentru probabilitatea q de indisponibilitate a complexului:

$$q = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - q_i) = 1 - \prod_{i=1}^{n} p_i . \qquad (4)$$

(Exemplele 2 și 3, anexa 1).

Probabilitatea de indisponibilitate fortuită (avarie) a unui complex de instalații funcționînd în paralel (legea binomială)

Cunoscînd probabilitățile de indisponibilitate, q_i $(i = 1, \ldots, n)$ ale instalațiilor complexului, se pot calcula probabilitățile de indisponibilitate simultană a k instalații și funcționare a celorlalte $n - k$ $(k = 0,1, \ldots, n)$.

Evenimentele considerate fiind incompatibile din punct de vedere probabilistic, probabilitățile lor se calculează cu ajutorul formulei:

$$\prod_{i=1}^{n} [q_i x + (1 - q_i)] = \sum_{k=0}^{n} q(k) x^k , \qquad (5)$$

deoarece fenomenul menționat poate fi modelat după schema lui Poisson, privitoare la n urne conținînd bile de două culori în proporții diferite.

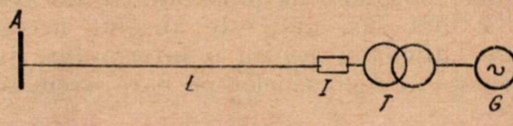


Fig. 1.

Probabilitățile $q(k)$ $(k = 0,1, \ldots, n)$ de avarie simultană a k din n instalații funcționînd în paralel sînt egale cu coeficienții lui x^k $(k = 0,1, \ldots, n)$ din dezvoltarea produsului de factori binomiali din membrul stîng al formulei (5).

În cazul cînd $q_1 = q_2 = \ldots = q_n = q$ se obține pentru probabilitatea $q(k)$, de mai sus, următoarea formulă:

$$q(k) = C_n^k q^k (1 - q)^{n-k}, \qquad (6)$$

care exprimă binecunoscuta lege binomială a calculului probabilității sau legea Bernoulli. (Exemplele 4 și 5, anexa 1).

Subliniem încă o dată semnificația probabilităților q, definite și calculate mai sus, ca fracțiuni probabile dintr-o perioadă îndelungată T_p, în care instalația sau complexul de instalație la care se referă vor fi avariate (indisponibile serviciului).

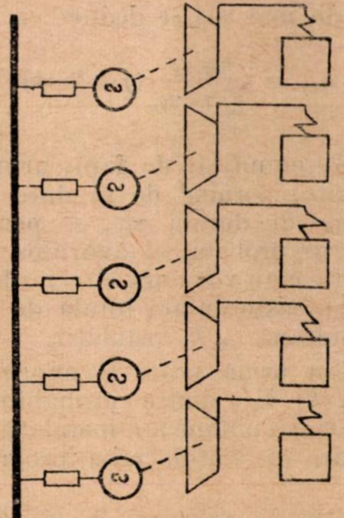


Fig. 2.

De pildă: o probabilitate de indisponibilitate $q = 0{,}03$ indică o durată totală probabilă de indisponibilitate de 3% dintr-o anumită perioadă T_p, însă ea nu spune nimic despre durata fiecărei avarii în parte; adică nu spune dacă o avarie se petrece o dată la 100 de zile, durînd 3 zile, sau o dată la 500 zile, durînd 15 zile.

O astfel de diferență în interpretarea fenomenelor poate avea importanță covîrșitoare, deoarece indisponibilitatea unor instalații pe timp de 15 zile poate avea urmări cu mult mai grave decît pe timp de 3 zile.

Așadar, noțiunea de probabilitate de avarie, definită mai sus, deși este absolut necesară, nu este suficientă pentru o interpretare justă și eficientă a fenomenelor pe care vrem să le studiem.

Frecvența probabilă a indisponibilităților simultane de instalații

Să notăm cu π_{kj} probabilitatea ca o avarie simultană a k instalații să dureze j unități de timp din momentul producerii sale.

Probabilitățile π_{kj}, numite probabilități de durată, se calculează pornind de la date statistice, după cum urmează: fie N_k numărul total al cazurilor de avarie simultană a k instalații, produse în cursul unei perioade trecute T, și n_{kj} numărul acelora dintre ele care au durat cîte j zile; vom lua:

$$\pi_{kj} = \frac{n_{kj}}{N_k}.$$

Notînd cu d_k durata totală a avariilor simultane de k instalații, rezultă:

$$d_k = \sum_{j \geqslant 1} j \cdot n_{kj}. \tag{7}$$

Din cele de mai sus se deduce cu ușurință:

$$n_{kj} = \frac{\pi_{kj} \cdot d_k}{\sum\limits_{j \geqslant 1} j \cdot \pi_{kj}} \; (j \cdot k \geqslant 1). \tag{8}$$

Formulele (8) semnifică, de fapt, următoarele: odată stabilite, pornind de la date statistice, probabilitățile de durată π_{kj}, se poate determina numărul probabil al avariilor simultane de k instalații care vor dura cîte j zile, cu condiția de a cunoaște durata totală de indisponibilitate simultană a k instalații.

Aceasta din urmă poate fi exprimată prin produsul: $q(k) \cdot T_p$, dintre probabilitățile indisponibilității simultane a k instalații și durata totală în care instalațiile erau programate să funcționeze.

Să observăm că produsul $\pi_{kj} \cdot d_k$ reprezintă durata tuturor indisponibilităților de k instalații care au durat cîte j zile; suma $\sum j \cdot \pi_{kj}$, fiind valoarea medie a variabilei aleatorii care exprimă durata avariilor simultane a k instalații, reprezintă durata medie a unei indisponibilități simultane de k instalații.

Pentru cazul cînd nu dispunem de probabilitățile de durată π_{kj}, vom expune în continuare o altă metodă de calcul a duratelor și frecvențelor medii ale avariilor simultane de instalații.

Durata medie probabilă a avariilor simultane de instalații ale unui complex funcționînd în paralel.

Deoarece avariile diferitelor instalații ale complexului pot avea frecvențe și durate proprii, este necesar să examinăm toate situațiile posibile.

Cazul I. Fiecare din cele n instalații ale complexului are aceeași frecvență medie de defectare f și aceeași durată medie de avarie t.

În acest caz, durata medie $t(k)$ a unei avarii simultane care afectează k elemente din totalul de n elemente se poate determina după relația:

$$t(k) = \frac{t(1-q)}{k + q(n-2k)}. \tag{9}$$

Demonstrația acestei relații este prezentată în anexa 2. La această relație se referă exemplele 6 și 7 din anexa 1.

Cazul II. Toate cele n instalații care funcționează în paralel au aceeași frecvență de defectare f, însă duratele medii ale avariilor t_i sînt diferite.

Pentru acest caz, durata medie probabilă de avarie simultană a k elemente din totalul de n elemente este furnizată de relația *):

$$t(k) = T - \frac{g_k}{h_k^*}, \tag{15}$$

în care:

$T = \frac{1}{f}$. g_k este coeficientul lui x^k din polinomul $\prod\limits_{i=1}^{n} [q_i x + (1 - q_i)]$, iar h_k^* este coeficientul lui $\frac{1}{T}$ în polinomul $\mathrm{h}_k\left(\frac{1}{T}\right)$ — coeficientul lui x^k în polinomul $\prod\limits_{i=1}^{n} [q_i x + (1 - q_i)] - \prod\limits_{i=1}^{n} \left[q_i x + (1 - q_i) - \frac{1}{T}(x+1)\right]$.

Cazul III. Cele n instalații care funcționează în paralel au frecvențe medii de avarie f_i diferite, duratele $t_{i\alpha}$ ale acestor avarii fiind de asemenea diferite.

Pentru acest caz general, durata medie probabilă de avarie simultană a k elemente din cele n considerate se calculează după formula **):

$$t(k) = T \frac{g_k}{h_k^*}, \tag{22}$$

---

*) Pentru demonstrație, v. anexa nr. 3; v. și exemplul nr. 8 (anexa nr. 1).

**) Demonstrația formulei este prezentată în anexa nr. 4; v. și exemplul nr. 9 (anexa 1).

în care :

T este perioada de timp în care instalația i se defectează în medie de f_i ori;

g_k — coeficientul lui x^k din polinomul $\prod_1^n [q_i x + (1 - q_i)]$;

h_k^* — coeficientul lui $\frac{1}{T}$ în polinomul $h_k\left(\frac{1}{T}\right)$ — coeficientul lui x^k în polinomul

$$\prod_1^n [q_i x + (1 - q_i)] - \prod_1^n \left[q_i x + (1 - q_i) - \frac{f_i}{T}(x + 1)\right].$$

Frecvența medie probabilă a avariilor simultane de instalații ale unui complex funcționînd în paralel

Cazul I. Fiecare din cele n instalații ale compexului se defectează odată într-o perioadă T, avînd o durată medie t.

Rezultă că toate avariile individuale (evenimentele elementare ale cîmpului) au aceeași frecvență :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{q}{t}. \tag{23}$$

Avaria simultană a k din cele n instalații ale complexului (manifestarea simultană a k din cele n evenimente elementare) este un eveniment a cărui probabilitate de apariție este :

$$q(k) = C_n^k \, q^k (1 - q)^{n-k}. \tag{24}$$

Durata medie probabilă $t(k)$ a unei avarii simultane a k din cele n instalații ale complexului se exprimă, conform (9), prin următoarea formulă :

$$t(k) = \frac{t(1 - q)}{k + q(n - 2k)}.$$

Intervalul mediu probabil dintre avariile simultane a k din cele n instalații ale complexului este :

$$T(k) = \frac{t(k)}{q(k)}, \tag{25}$$

iar frecvența medie probabilă a acestor avarii :

$$F(k) = \frac{1}{T(k)} = \frac{q(k)}{t(k)}. \tag{26}$$

Cazul II. Fiecare din cele n instalații ale complexului se defectează o dată într-o perioadă T, însă duratele medii ale acestor avarii sînt diferite.

Rezultă, și în acest caz, că toate avariile individuale au aceeași frecvență $F = \frac{1}{T}$, însă probabilitățile avariilor individuale sînt diferite :

$$q_i = \frac{t_i}{T}.$$

Avaria simultană a k din cele n instalații ale complexului este un eveniment a cărui probabilitate de manifestare $q(k)$ este coeficientul lui x^k din dezvoltarea produsului de factori binomiali :

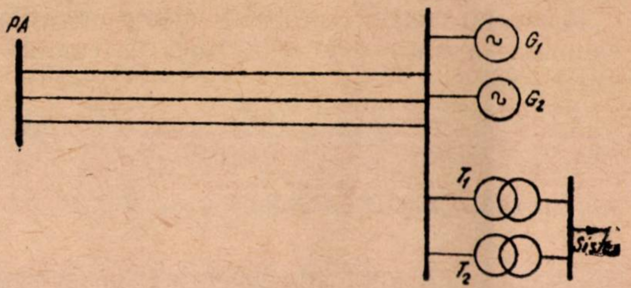


Fig. 3.

$$\prod_1^n [q_i x + (1 - q_i)]. \tag{27}$$

Durata medie probabilă $t(k)$ a unei avarii simultane a k din cele n instalații ale complexului se exprimă conform formulei (15).

Intervalul mediu probabil dintre avariile simultane a k din cele n instalații ale complexului este :

$$T(k) = \frac{t(k)}{q(k)}, \tag{28}$$

iar frecvența medie probabilă a acestor avarii :

$$F(k) = \frac{1}{T(k)} = \frac{q(k)}{t(k)}, \tag{29}$$

unde $t(k)$ se calculează conform formulei (15).

Cazul III. Fiecare instalație (i) a complexului se defectează de f_i ori într-o perioadă T, duratele celor f_i avarii putînd fi diferite.

Rezultă, în acest caz, că avariile individuale au frecvențe proprii f_i ($i = 1, \ldots, n$), iar probabilitățile avariilor individuale au următoarea expresie :

$$q_i = \frac{\sum_{\alpha=1}^{f_i} t_{i\alpha}}{T}, \tag{30}$$

în care $t_{i\alpha}$ ($= 1, \ldots, f_i$) sînt duratele celor f_i avarii ale instalației (i) dintr-o perioadă T.

Avaria simultană a k din cele n instalații ale complexului este un eveniment a cărui probabilitate de manifestare q (k) este coeficientul lui x^k din dezvoltarea produsului de factori binomiali:

$$\prod_{1}^{n} [q_i x + (1 - q_i)]. \tag{27'}$$

Durata medie probabilă $t(k)$ a unei avarii simultane a k din cele n instalații ale complexului se exprimă conform formulei (22).

Intervalul mediu probabil dintre avariile simultane a k din cele n instalații ale complexului este:

$$T(k) = \frac{t(k)}{q(k)}, \tag{28'}$$

iar frecvența medie probabilă a acestor evenimente:

$$F(k) = \frac{1}{T(k)} = \frac{q(k)}{t(k)}, \tag{29'}$$

unde $t(k)$ se calculează conform formulei (22).

Atît probabilitățile de avarie cît și duratele și frecvențele avariilor, calculate pînă acum, reprezintă condiții medii care tind să se realizeze numai în decursul unor lungi perioade de referință.

Istoriograma indisponibilităților unei instalații

Pentru studierea anumitor fenomene ale sismelor energetice este necesar să cunoaștem comportarea probabilă în timp a elementelor sale.

Vom considera această comportare ca fiind definită de un șir de perioade de timp: perioadele de funcționare $T_f(i)$, care alternează cu perioadele de deranjamente (avarii) $T_d(i)$ ale instalației respective.

În cursul unei perioade de funcționare T_f, instalația este disponibilă pentru sistem (serviciu); în cursul unei perioade de avarie T_d, instalația este supusă reparațiilor și deci este indisponibilă pentru sistem (serviciului).

Prin urmare „istoria" (comportarea în timp) unei instalații poate fi exprimată grafic printr-un șir de intervale alternante, constituind istoriograma indisponibilităților (avariilor) instalației (fig.4).

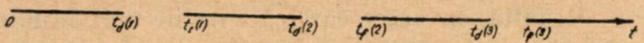


Fig. 4.

În această istoriogramă s-au notat cu t_d momentele în care încep perioadele de avarie a instalației (ele coincid cu momentele în care se termină perioadele anterioare de funcționare și cu t_f momentele în care încep perioadele de funcționare a instalației (ele coincid cu momentele în care se termină perioadele anterioare de indisponibilitate).

Să presupunem, spre exemplu, că: $t_d(1) = 18$, $t_f(1) = 21$; $t_d(2) = 46$, etc. și că la momentul 0 (să zicem 1 ian.) instalația era în funcțiune.

Înseamnă că instalația a avut o primă perioadă de funcționare $T_f(1) = 18$ zile (1 — 18 ian.), după care a urmat o primă perioadă de avarie $T_d(1) = 3$ zile (19 — 21 ian.); apoi a reintrat în funcțiune pe o perioadă $T_f(2) = 25$ zile (22 ian. — 15 febr.), etc.

Așadar momentele $t_d(i)$, $t_f(i)$ reprezintă extremitățile unor șiruri de intervale de lungimi egale cu perioadele $T_f(i)$, $T_d(i)$ ale „istoriei" instalației.

În concluzie, istoria avariilor viitoare unei instalații este o funcție aleatorie de timp; ca urmare, istoria avariilor elementelor unui sistem energetic este un proces stochastic (proces definit de o familie de funcții aleatorii), reprezentînd istoriile avariilor tuturor elementelor sistemului.

Pentru a determina probabilitățile diferitelor „istorii" posibile ale unei instalații, admitem următoarele ipoteze fundamentale:

1. Duratele perioadelor succesive de funcționare $T_f(i)$ a instalației sînt mărimi aleatorii, statistic independente, referitoare la aceeași colectivitate (populație) statistică (perioadele de funcționare $T_f(i)$ ale instalației).

2. Duratele perioadelor succesive de defecțiune $T_d(i)$ a instalației sînt mărimi aleatorii, statistic independente, referitoare la aceeași colectivitate statistică (perioadele de avarie $T_d(i)$ a instalației).

3. Duratele perioadelor de funcționare și duratele perioadelor de avarie sînt de asemenea mărimi independente din punct de vedere statistic.

Altfel exprimat, durata avariilor și durata perioadelor de funcționare a unei instalații sînt variabile aleatorii, statistic independente, în cîmpul evenimentelor constituit din mulțimile boreliene ale dreptei.

Vom considera acum probabilitățile asociate celor două colectivități statistice, menționate mai sus, definite prin funcțiile de repartiție (distribuție) corespunzătoare:

$$A(x) = P(T_f \leqslant x); \quad B(x) = P(T_d \leqslant x). \tag{31}$$

Din însăși definiția funcțiilor de repartiție (ca probabilități) rezultă:

$$A(0) = 0 \lim_{x \to \infty} A(x) = 1; \; B(0) = 0 \lim_{x \to \infty} B(x) = 1 \cdot \tag{32}$$

Așadar, $A(x)$ este probabilitatea ca o perioadă de funcționare, luată la întîmplare, să aibă o durată nu mai mare decît x; analog, în ceea ce privește pe $B(x)$.

Cunoaşterea funcţiilor de distribuţie $A(x)$, $B(x)$ permite determinarea distribuţiilor celor două variabile aleatorii T_f, T_d.

Odată deduse acestea din urmă, o istoriogramă poate fi construită după cum urmează, presupunînd că instalaţia era în funcţiune la momentul iniţial $t_0 = 0$:

(a) $t_d(i) = T_f(1)$

(b) $t_d(i) = t_f(i-1) + T_f(i) \quad (i > 1)$

(c) $t_f(i) = t_d(i) + T_d(i) \quad (i > 1)$

Relaţiile (a), (b), (c) definesc prin recurenţă (inducţie) istoriograma.

Determinarea tipului celor două funcţii de distribuţie $A(x)$, $B(x)$ ne este sugerată de teoria matematică a mortalităţii.

Dacă o instalaţie este în funcţiune la momentul t, admitem că probabilitatea ca ea să devină indisponibilă într-un interval de timp elementar $\mathrm{d}t$ este: $a(t) \cdot \mathrm{d}t$; coeficientul de proporţionalitate $a(t)$ îl vom numi intensitate de indisponibilitate (avarie).

Dacă $a(t)$ este constant (nu depinde de momentul t), va fi numit parametru de indisponibilitate şi va fi notat a.

Ipoteza făcută corespunde realităţii, deoarece probabilitatea ca instalaţia, în stare de funcţionare la momentul t, să iasă din funcţiune la momentul $(t + \mathrm{d}t)$ este foarte mică.

În mod analog, dacă o instalaţie este defectă la momentul t, admitem că probabilitatea ca ea să intre în funcţiune într-un interval de timp elementar $\mathrm{d}t$ este: $b(t) \cdot \mathrm{d}t$; coeficientul de proporţionalitate $b(t)$ îl vom numi intensitate de reparaţie.

Dacă $b(t)$ este constant (nu depinde de momentul t) va fi numit parametru de reparaţie şi va fi notat b.

Considerînd, mai întîi, cazul intensităţilor constante, se poate arăta (anexa 5) că funcţiile de distribuţie $A(x)$ şi $B(x)$ sînt exponenţiale:

$$A(x) = 1 - \mathrm{e}^{-ax}; \quad B(x) = 1 - \mathrm{e}^{-bx}. \qquad (33)$$

Din analiza efectuată în anexa 5 rezultă următoarele: intensitatea de defectare este egală cu inversul duratei medii de funcţionare; intensitatea de reparaţie este egală cu inversul duratei medii de defectare.

Putem determina acum probabilitatea $q(t)$ ca o instalaţie să fie scoasă din funcţiune la momentul t, cunoscînd starea ei (funcţionare sau nefuncţionare) la momentul iniţial $t_0 = 0$.

Pentru ca instalaţia să fie indisponibilă la momentul $t + \mathrm{d}t$ (unde $\mathrm{d}t$ este un interval elementar) se pot întîmpla două evenimente:

— sau unitatea era indisponibilă la momentul t şi a continuat să fie indisponibilă în intervalul $\mathrm{d}t$;

— sau unitatea era în funcţiune la momentul t şi a ieşit din funcţiune în intervalul de timp $\mathrm{d}t$.

Probabilitatea primului eveniment este:

$$q(t) \cdot (1 - b\ \mathrm{d}t).$$

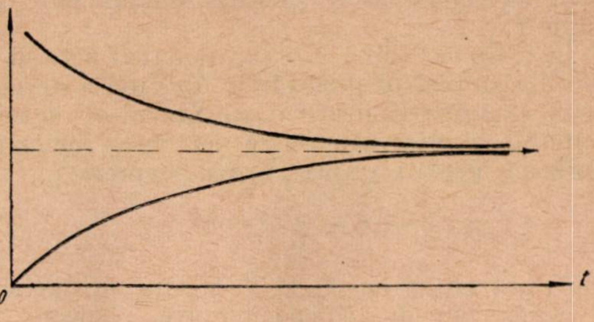


Fig. 5.

Probabilitatea celui de-al doilea eveniment este:

$$[1 - q(t)]\, a\, \mathrm{d}t.$$

Întrucît aceste evenimente sînt incompatibile din punct de vedere statistic, rezultă:

$$q(t + \mathrm{d}t) = q(t) \cdot (1 - b \cdot \mathrm{d}t) + [1 - q(t)]\ a \cdot \mathrm{d}t \quad (45)$$

Un calcul elementar ne conduce la egalitatea:

$$\frac{q(t + \mathrm{d}t) - q(t)}{\mathrm{d}t} = -(a + b)\, q(t) + a. \qquad (46)$$

Rezultă că funcţia $q(t)$ satisface următoarea ecuaţie funcţională:

$$q'(t) + (a + b)\, q(t) = a, \qquad (47)$$

care este o ecuaţie diferenţială liniară cu coeficienţi constanţi.

Soluţia ecuaţiei (47) este:

$$q(t) = q(0)\, \mathrm{e}^{-(a+b)t} + \frac{a}{a + b}\, [1 - \mathrm{e}^{-(a+b)t}], \quad (48)$$

unde $q(0)$ este probabilitatea ca instalaţia să fie indisponibilă la momentul iniţial $t_0 = 0$.

Dacă instalaţia a fost în funcţiune la momentul $t = 0$, atunci $q(0) = 0$.

Ecuaţia (48) furnizează informaţii cantitative despre disponibilitatea unităţii atît într-o perioadă scurtă de timp cît şi într-una lungă.

Pentru comportarea instalaţiei în perioade îndelungate, vom calcula:

$$\lim_{t \to \infty} q(t) = \frac{a}{a + b} = \frac{\frac{1}{b}}{\frac{1}{a} + \frac{1}{b}} = \frac{E(T_d)}{E(T_f) + E(T_d)}.$$

Aşadar:

$$\lim_{t \to \infty} q(t) = \frac{E(T_d)}{E(T_f) + E(T_d)}. \qquad (49)$$

Formula (49) arată că probabilitatea $q(t)$, definită mai sus, are o expresie care concordă cu expresia și sensul atribuit acestei probabilități în considerațiile de la începutul acestui articol.

Într-adevăr, frecvența q definită de formula (3) poate fi asimilată unei probabilități numai dacă se referă la o perioadă îndelungată de timp T.

În acest caz (cînd $T \to \infty$), numărul perioadelor T_f și numărul perioadelor T_d tind a deveni egale și, împărțind atît numărătorul cît și numitorul fracției respective cu acest număr, obținem pentru q următoarea expresie :

$$q = \frac{\overline{T}_d}{\overline{T}_d + \overline{T}_f}, \tag{3'}$$

unde am notat cu $\overline{T}_d$ și $\overline{T}_f$ media aritmetică a perioadelor de indisponibilitate, respectiv a perioadelor de funcționare.

Formula (3') este în deplină concordanță cu formula (49), adică : comportarea instalației, după perioade mari de timp, este descrisă asemănător de ambele formule.

Pentru comportarea instalației în perioade scurte vom ține seamă de relația :

$$\lim_{t \to \infty} q(t) = q(0). \tag{50}$$

Așadar, după un interval de timp foarte scurt de la momentul inițial, este foarte probabil că instalația se va găsi în aceeași stare ca și la momentul inițial.

$q(t)$ este o funcție monotonă de timp :

— dacă $q(0) = 0$ (instalația funcționează la momentul inițial), atunci $q(t)$ este o funcție monoton crescătoare, deoarece derivata sa

$$q'(t) = a \cdot \mathrm{e}^{-(a+b)t}$$

rezultă pozitivă (ea are forma indicată în figura 5, curba de jos) ;

— dacă $q(0) = 1$ (instalația este indisponibilă la momentul inițial), atunci $q(t)$ este o funcție monoton descrescătoare, deoarece derivata sa

$$q'(t) = -\,b\,\mathrm{e}^{-(a+b)t}$$

rezultă negativă (ea are forma indicată în figura 5, curba de sus).

În concluzie, probabilitatea de indisponibilități $q\,(t)$ este aptă pentru a descrie comportarea instalației în orice perioadă de timp T, pe cînd probabilitatea de indisponibilitate q (definită la început) este aptă pentru a descrie comportarea instalației numai în perioade îndelungate T.

În altă ordine de idei, scriind relația $E\,(T_f) = \frac{1}{a}$ sub forma

$$a = \frac{1}{E\,(T_f)}, \tag{51}$$

apare evidentă analogia dintre intensitatea de defectare a și frecvența de avarie f, de care s-a vorbit anterior.

Formula (51) se poate interpreta ca frecvența medie a unui eveniment care se petrece o dată într-un interval de timp mediu, egal cu $E\,(T_f)$.

Determinarea parametrilor a și b, pe baza datelor statistice, va face obiectul unui articol viitor.

Cazul cînd intensitățile de defectare și funcționare sînt funcții de timp

O instalație care funcționează la momentul t va continua să funcționeze la momentul $(t + x + \mathrm{d}x)$, dacă ea va funcționa neîntrerupt pînă la momentul $t + x$ și dacă nu se va defecta în intervalul de timp elementar $\mathrm{d}x$.

Deoarece $1 - A\,(x)$ este probabilitatea primului eveniment, iar $1 - a(t + x)\,\mathrm{d}x$ este probabilitatea celui de-al doilea eveniment, rezultă :

$$1 - A\,(x + \mathrm{d}x) = [1 - A\,(x)]\,[1 - a\,(t + x)\,\mathrm{d}x] \tag{52}$$

sau

$$\frac{A(x + \mathrm{d}x) - A(x)}{\mathrm{d}x} = [1 - A(x)]\,a\,(t + x),$$

din care deducem :

$$A'(x) = [1 - A(x)]\,a\,(t + x), \tag{53}$$

care este o ecuație diferențială liniară. Soluția ei este de forma :

$$A(x) = 1 - \mathrm{e}^{-\int\limits_0^x a\,(t+y)\,\mathrm{d}y} \tag{56}$$

Analog se obține :

$$B(x) = 1 - \mathrm{e}^{-\int\limits_0^x b\,(t+y)\,\mathrm{d}y} \tag{57}$$

Se poate arăta (anexa 6) că subzistă formulele :

$$E(T_f) = \lim_{Y \to \infty} \frac{1}{a\,(Y)}\,;\, E(T_d) = \lim_{Y \to \infty} \frac{1}{b\,(Y)} \tag{54}$$

$$E(T_f) = \int_0^x x\,\mathrm{d}A(x) = \lim_{X \to \infty} \int_0^X x\,\mathrm{d}A(x) = \lim_{X \to \infty} I\,(X).$$

Raționînd ca în paragraful precedent, obținem în acest caz, cînd intensitățile a și b sînt funcții de timp, că probabilitatea $q(t)$ este determinată de următoarea ecuație funcțio : nală :

$$q'(t) + [a(t) + b(t)]\;q(t) = a\,(t), \tag{47'}$$

care este o ecuație diferențială liniară, a cărei soluție se scrie :

$$q(t) = q(0) \cdot \mathrm{e}^{-R(t)} + \mathrm{e}^{-R(t)} \cdot \int_0^t [\mathrm{a}\,(z)\;\mathrm{e}^{R\,(z)}]\,\mathrm{d}z, \tag{48'}$$

unde :

$$R(t) = \int_0^t [a(z) + b(z)]\,\mathrm{d}z.$$

Se poate arăta (anexa 7) că subzistă şi în acest caz formula:

$$\lim_{t \to \infty} q(t) = \frac{E(T_d)}{E(T_f) + E(T_d)}. \qquad (49')$$

Formula (49′) poate constitui o confirmare teoretică deplină a justeţii raţionamentului nostru.

Dependenţa intensităţilor a şi b de timpul t, de cînd instalaţia considerată a intrat pentru prima dată în funcţiune, este o descriere raţională a perioadei de rodaj, pentru o instalaţie nouă.

În cursul unei astfel de perioade, intensitatea de defectare la început tinde a fi mare, iar intensitatea de reparaţie tinde a fi mică; apoi aceste valori scad, respectiv cresc spre valori mature.

Explicit, o astfel de dependenţă poate fi de forma:

$$a(t) = (a_n - a_m)\, e^{-\alpha t} + a_m \quad (a_n > a_m), \qquad (60)$$

unde:

a_n este parametrul de intensitate nou, a_m este parametrul de intensitate matur, iar α este parametrul apropierii de maturitate. O expresie similară poate fi scrisă pentru $b(t)$.

Timpul este măsurat de la momentul instalării unităţii.

ANEXA 1

Exemple de calcul

Exemplul 1

Într-o reţea de cablu însumînd circa 150 km, dinamica numărului şi duratei defectelor ivite pe o perioadă de zece ani este indicată în tabela 1.

În aceeaşi tabelă se indică şi media cumulată a duratelor anuale.

Se observă că această valoare medie tinde a se stabiliza (oscilează tot mai puţin în ultimii ani).

Tabela 1

Numărul defectelor	11	13	14	10	7	12	15	10	13	9
Durata totală anuală a defectelor (ore)	218	275	215	189	164	226	262	234	205	194
Durata medie anuală a defectelor (ore)	218	246	236	224	212	216	223	224	222	219

Considerînd că reţeaua de cablu este în permanenţă în funcţiune (8760 ore/an), rezultă pentru probabilitatea unui defect în reţea valoarea $q = \frac{219}{8\,760} = 0{,}025$.

În acelaşi timp, probabilitatea ca în reţea să nu existe defecte va fi $p = 1 - q = 0{,}975$.

Exemplul 2

Un bloc generator este constituit din trei elemente: cazan, turbină, alternator, conectate în serie.

$$q_B = 1 - p_c \cdot p_t \cdot p_a$$

în care:

q_B este probabilitatea de indisponibilitate a blocului;
p_c — probabilitatea de disponibilitate a cazanului;
p_t — probabilitatea de disponibilitate a turbinei;
p_a — probabilitatea de disponibilitate a alternatorului.

Exemplul 3

Considerăm schema din figura 1.

Alimentarea cu energie electrică a barei A se întrerupe la defectarea oricăruia din elementele: linie (L), întrerupător (I); transformator (T), generator (G). Probabilitatea de indisponibilitate (întrerupere) a instalaţiei este:

$$q_A = 1 - p_L \cdot p_I \cdot p_T \cdot p_G .$$

Exemplul 4

Considerăm o centrală cu cinci blocuri identice — cazan — turbină — generator (fig. 2).

Dacă posibilitatea de avarie a fiecărui bloc este: $q_B = 0{,}02$, atunci probabilităţile de indisponibilitate simultană a 2—3—4 blocuri vor fi:

$$q\,(2) = C_5^2\,(0{,}02)^2 \cdot (1 - 0{,}02)^{5-2} = 0{,}003764$$

$$q\,(3) = C_5^3\,(0{,}02)^3 \cdot (1 - 0{,}02)^{5-3} = 0{,}000077$$

$$q\,(4) = C_5^4\,(0{,}02)^4 \cdot (1 - 0{,}02)^{5-4} = 0{,}000001$$

Exemplul 5

Punctul de alimentare PA este alimentat de pe barele centralei CTE prin trei fideri în paralel, fiecare dintre aceştia putînd asigura întreaga sarcină a PA.

Pe barele centralei debitează două generatoare identice (G_1, G_2), iar două transformatoare (T_1, T_2) asigură legătura cu sistemul energetic (fig. 3).

Ţinînd seamă de faptul că sarcina PA poate fi asigurată de oricare din surse (generatoare sau transformatoare, separat) vom determina probabilitatea q_Σ ca PA să rămînă fără alimentare.

Întreruperea alimentării PA se realizează o dată cu oricare din evenimentele: avarie simultană a celor trei fideri sau avarie simultană a ambelor generatoare şi transformatoare.

În tabela 2 se indică valori orientative pentru probabilităţile de avarie individuală a elementelor care intervin în schemă:

Tabela 2

Elementul	q
Linie de cablu	0,003
Transformator	0,0046
Generator	0,002

Dacă probabilitatea de indisponibilitate a unei linii este $q_1 = 0{,}003$, probabilităţile indisponibilităţii simultane a mai multor linii vor fi:

$$q_1\,(2) = C_3^2\,(0{,}003)^2\,(1 - 0{,}003)^{3-2} = 0{,}000026919$$

$$q_1\,(3) = C_3^3\,(0{,}003)^3\,(1 - 0{,}003)^{3-3} = 0{,}000000027.$$

Probabilitatea indisponibilităţii ambelor transformatoare va fi (după acelaşi raţionament):

$$q_t\,(2) = C_2^2\,(0{,}0046)^2\,(1 - 0{,}0046)^{2-2} = 0{,}00002116,$$

iar probabilitatea indisponibilităţii ambelor generatoare va fi:

$$q_g\,(2) = C_2^2\,(0{,}002)^2\,(1 - 0{,}002)^{2-2} = 0{,}000004.$$

Probabilitatea indisponibilităţii simultane a transformatoarelor şi generatoarelor va fi reprezentată de coeficientul corespunzător lui x din dezvoltarea:

$$(0{,}0046\,x + 0{,}9954)^2\,(0{,}002\,x + 0{,}998)^2.$$

Probabilitatea indisponibilităţii parţiale şi totale a elementelor va fi:

$$q_{t,g}\,(1) = 2\cdot 0{,}0046\cdot 0{,}9954\cdot 0{,}998^2 + 2\cdot 0{,}002\cdot 0{,}998\cdot 0{,}9954^2 = \\ = 0{,}013076$$

$$q_{t,g}\,(2) = 0{,}0046^2\cdot 0{,}998^2 + 0{,}002^2\cdot 0{,}9954^2 + 4\cdot 0{,}0046\cdot 0{,}9954\cdot \\ \cdot 0{,}002\cdot 0{,}998 = 0{,}00006157$$

$$q_{t,g}\,(3) = 2\cdot 0{,}0046^2\cdot 0{,}002\cdot 0{,}998 + 2\cdot 0{,}002^2\cdot 0{,}0046\cdot 0{,}9954 = \\ = 0{,}0000001211$$

$$q_{t,g}\,(4) = 0{,}0046^2\cdot 0{,}002^2 = 84{,}64\cdot 10^{-12}$$

Probabilitatea totală a întreruperii alimentării PA va fi conform (1):

$$q_\Sigma = 1 - [1 - q_l\,(3)]\,[1 - q_{t,g}\,(4)] < 10^{-15},$$

adică eveniment practic imposibil.

Exemplul 6

În general, această relaţie este valabilă pentru unităţi de acelaşi tip funcţionînd în paralel. Astfel, în cazul exemplului din figura 3, poate fi calculată durata medie probabilă a evenimentului constînd în defectarea simultană a doi din cei trei fideri:

$$t\,(2) = \frac{16\,(1 - 0{,}003)}{2 + 0{,}003\,(3-4)} = 7{,}987 \text{ ore},$$

în ipoteza că durata medie a unui defect este de 16 ore.

În aceeaşi ipoteză, durata medie a indisponibilităţilor tuturor celor trei fideri va fi:

$$t\,(3) = \frac{16\,(1 - 0{,}003)}{3 + 0{,}003\,(3-6)} = 5{,}3328.$$

Exemplul 7

Dacă considerăm o centrală cu patru blocuri identice, a căror durată medie de întrerupere este $t = 72$ ore şi a căror probabilitate de întrerupere este $q = 0{,}02$, duratele medii probabile de întrerupere simultană a 2, 3, 4 blocuri vor fi:

$$t\,(2) = \frac{72\,(1 - 0{,}02)}{2 + 0{,}02\,(4 - 4)} = 35{,}28 \text{ ore}.$$

$$t\,(3) = \frac{72\,(1 - 0{,}02)}{3 + 0{,}02\,(4 - 6)} = 23{,}83 \text{ ore}.$$

$$t\,(4) = \frac{72\,(1 - 0{,}02)}{4 + 0{,}02\,(4 - 8)} = 18{,}00 \text{ ore}.$$

Exemplul 8

La o centrală electrică dotată cu patru generatoare de puteri diferite, avînd duratele de avarie indicate în tabela 3, trebuie calculată durata probabilă medie de indisponibilitate simultană a două din cele patru grupuri.

Tabela 3

Grupul	Puterea, MW	T, ore	t, ore	q
N N 1,2	4	73 000	480	0,006575
N N 3,4	25	73 000	600	0,008219

Termenul g_2, din formula (15), este coeficientul lui x^2 în dezvoltarea: $(0{,}006575\,x + 0{,}993425)^2\,(0{,}008219\,x + 0{,}991781)^2$; $g_2 = 0{,}0003222$.

h_2^* este termenul liber al polinomului $h_2\,(f)$ — coeficientul lui x^2 în dezvoltarea:

$$(0{,}006575\,x + 0{,}993425)^2\,(0{,}008219\,x + 0{,}991781)^2 - \\ - 0{,}006575\,x + 0{,}993425 - f\,(x + 1)]^2\cdot[0{,}008219\,x + \\ + 0{,}991781 - f\,(x + 1)].^2$$

$$h_2^* = 0{,}0881102.$$

Se găseşte:

$$t\,(2) = \frac{0{,}0003222}{0{,}0881102}\cdot\frac{8\,760}{0{,}12}\,[\text{ore}] = 267 \text{ ore}.$$

Exemplul 9

O staţie este alimentată prin trei linii de înaltă tensiune, de diferite lungimi, ale căror caracteristici sînt indicate în tabela 4.

Tabela 4

Linia	Lungime, km	Frecvenţa avariilor f_i	Durate medii ore	Probabilitate de avarie
1	52	1,46	4,5	0,000075
2	160	4,48	6	0,000307
3	285	7,97	7	0,000637

Trebuie calculată durata medie de întrerupere a tuturor celor trei alimentări ale staţiei.

Se consideră $T = 8760$ ore.

În acest caz, g_3 va fi coeficientul lui x^3 în desfăşurarea $(0{,}000075\,x + 0{,}999925)\,(0{,}000307\,x + 0{,}999693)\,(0{,}000637\,x + 0{,}999363)$

$g_3 = 1{,}4667\;10^{-11}$.

h_3^* este termenul liber al polinomului $h_3\left(\frac{1}{T}\right)$, respectiv coeficientul lui $\frac{1}{T}$ din dezvoltarea: $-\left(0{,}000075 - \frac{1{,}46}{T}\right)\cdot\left(0{,}000307 - \frac{4{,}48}{T}\right)\left(0{,}000637 - \frac{7{,}97}{T}\right)$.

$$h_3^* = 68305{,}739\cdot 10^{-11}.$$

Se găseşte $t\,(3) \cong 0{,}1881$ ore.

ANEXA 2

Notăm $T = \frac{1}{f}$ perioada de timp (medie) în care fiecare instalaţie a complexului se defectează o singură dată.

Considerăm cîmpul evenimentelor constituit din avariile diferitelor instalaţii ale complexului. Evenimentele elementare ale acestui cîmp se manifestă prin avariile individuale ale instalaţiilor complexului.

Aşadar, în cazul considerat, toate evenimentele elementare au aceeaşi probabilitate de manifestare: $q = \frac{t}{T}$.

Vrem să determinăm durata $t\,(k)$ a evenimentului constînd în manifestarea simultană a k din cele n evenimente elementare.

Presupunem pentru moment, numai pentru uşurinţa raţionamentului, că evenimentele elementare considerate îşi pot schimba poziţia în timp (momentul apariţiei lor) numai după durate care sînt multipli ai unităţii de timp alese. Vom determina, în prealabil, suma duratelor tuturor evenimentelor cîmpului, constînd din manifestarea simultană a k din cele n evenimente elementare (numărul unităţilor de timp pe care le ocupă toate apariţiile simultane a k evenimente elementare).

Pentru fiecare din cele T poziţii posibile ale unui eveniment elementar într-o perioadă T, există t unităţi de timp ocupate şi $(T-t)$ neocupate de evenimentul respectiv: deci, în total, vom avea $(T-t)$ unităţi de timp ocupate şi $T\ (T-t)$ unităţi de timp neocupate, de către toate manifestările posibile de evenimente elementare. Pentru ca un eveniment oarecare să se producă simultan cu unul dat, poate să ocupe cel mult t poziţii consecutive anterioare poziţiei ocupate de evenimentul considerat.

Pentru ca un eveniment să nu fie simultan unui eveniment dat, poate să ocupe cel mult $(T-t)$ poziţii rămase din perioada T.

Deci: pentru fiecare poziţie a unui eveniment elementar există $t^{(k-1)}$ poziţii pe care le pot ocupa $(k-1)$ alte evenimente elementare simultane, care să se acopere parţial sau total cu acest eveniment.

Deoarece numai k evenimente elementare trebuie să coincidă, şi nu mai multe, rezultă că celelalte $(n-k)$ evenimente elementare pot ocupa cîte $(T-t)$ poziţii care să nu se intersecteze cu poziţiile evenimentului considerat, adică în total $(T-t)^{n-k}$ poziţii.

Cu alte cuvinte: poziţiile ocupate de cele k evenimente elementare simultane trebuie să fie neocupate de celelalte $(n-k)$ evenimente elementare, ceea ce se poate realiza în $(T-t)^{n-k}$ moduri.

Întrucît avem C_n^k combinaţii de cîte k evenimente elementare din cele n, deducem că suma duratelor tuturor manifestărilor posibile de k evenimente elementare simultane este:

$$T\cdot C_n^k\, t^k\,(T-t)^{n-k}. \tag{10}$$

Manifestările simultane de k evenimente elementare sînt, la rîndul lor, evenimente care pot dura 1 pînă la t unităţi de timp.

Pentru a obţine durata medie a unui astfel de eveniment, trebuie să raportăm numărul unităţilor de timp care pot fi ocupate de toate manifestările posibile de k evenimente elementare simultane la numărul posibil al acestor manifestări simultane.

Se observă că orice manifestare simultană de k evenimente elementare este definită ca o succesiune de unităţi de timp, ocupate numai de cele k evenimente elementare considerate.

Dintre unităţile de timp care constituie succesiunea există una care nu este precedată de o alta; s-o numim unitatea fundamentală a evenimentului; în timp ce toate celelalte unităţi de timp din care mai este constituită succesiunea le vom numi unităţi conexe ale evenimentului.

A stabili numărul manifestărilor simultane de k evenimente elementare revine la a stabili numărul unităţilor de timp fundamentale, conţinute în numărul unităţilor de timp ocupate de toate manifestările posibile de k evenimente elementare simultane.

Este evident că vom obţine numărul căutat dacă vom scădea din numărul total al unităţilor de timp ocupate de manifestările simultane de k evenimente elementare numărul unităţilor de timp conexe ale acestor evenimente.

Determinarea acestuia din urmă se face pe baza următoarelor observaţii:

— o unitate fundamentală a unui eveniment compus din k evenimente elementare simultane provine numai din coincidenţa a cel puţin unei unităţi fundamentale a unui eveniment elementar cu alte unităţi de timp, fie fundamentale, fie conexe, ale evenimentelor elementare simultane celui considerat;

— o unitate conexă a unui eveniment simultan provine numai din coincidenţa de unităţi conexe ale evenimentelor elementare din care este compus evenimentul considerat.

Acestea sînt, deopotrivă, valabile atît pentru unităţile de timp ocupate cît şi pentru cele neocupate.

În lumina acestor observaţii, pentru a obţine numărul unităţilor de timp conexe, ocupate de toate evenimentele posibile compuse din k evenimente elementare simultane, este suficient să înlocuim în formula (10) pe t cu $(t-1)$ şi pe $(T-t)$ cu $(T-t-1)$, deoarece numărul poziţiilor ocupate de unităţile conexe în orice eveniment elementar este cu 1 mai mic decît numărul total al unităţilor de timp ocupate de evenimentul respectiv. Aşadar vom avea:

$$T\cdot C_n^k\,(t-1)^k\cdot(T-t-1)^{n-k}$$

unităţi de timp conexe ocupate în toate evenimentele posibile compuse din k evenimente elementare simultane. Rezultă că numărul unităţilor fundamentale ale tuturor evenimentelor compuse din k evenimente simultane în perioada T este:

$$T\cdot C_n^k\, t^k\,(T-t)^{n-k} - T\cdot C_n^k\,(t-1)^k\cdot(T-t-1)^{n-k} =$$

$$= T\cdot C_n^k\left[t^k\cdot(T-t)^{n-k} - (t-1)^k\cdot(T-t-1)^{n-k}\right].$$

Notînd cu $t'(k)$ durata medie a unui eveniment compus din k evenimente elementare simultane (în ipoteza restrictivă asupra succesiunii evenimentelor elementare), vom putea scrie:

$$t'(k) = \frac{TC_n^k\, t^k\,(T-t)^{n-k}}{TC_n^k\left[t^k\cdot(T-t)^{n-k}-(t-1)^k\cdot(T-t-1)^{n-k}\right]}, \tag{11}$$

adică

$$t'(k) = \frac{t^k\cdot(T-t)^{n-k}}{\left[t^k\cdot(T-t)^{n-k}-(t-1)^k\cdot(T-t-1)^{n-k}\right]}. \tag{11'}$$

Restricţia făcută la început, privind succesiunea evenimentelor numai după durate care erau multipli ai unităţii de timp alese, poate fi înlăturată exprimînd atît t cît şi $t'(k)$ ca fracţiuni de T şi făcînd apoi pe T să tindă la infinit.

Într-adevăr, a micşora unitatea de timp aleasă revine la a spune că perioada considerată $T\to\infty$.

Deoarece avem prin definiţie $q=\dfrac{t}{T}$, rezultă:

$$\frac{t'(k)}{T} = \frac{1}{T}\cdot\frac{(q\cdot T)^k\cdot(T-q\cdot T)^{n-k}}{\left[(qT)^k\,(T-qT)^{n-k}-(qT-1)^k\cdot(T-qT-1)^{n-k}\right]}, \tag{12}$$

sau, simplificînd cu T^n, obţinem:

$$\frac{t'(k)}{T} = \frac{1}{T}\,\frac{q^k\cdot(1-q)^{n-k}}{\left[q^k\cdot(1-q)^{n-k}-\left(q-\frac{1}{T}\right)^k\left(1-q-\frac{1}{T}\right)^{n-k}\right]}. \tag{13}$$

Un calcul simplu conduce la următoarea formă pentru expresia raportului căutat:

$$\frac{t'(k)}{T} = \frac{q^k\,(1-q)^{n-k}}{\left[q^k\cdot(1-q)^{n-k-1}\cdot(n-k)+kq^{k-1}\cdot(1-q)^{n-k}+\frac{1}{T}\cdots\right]}. \tag{14}$$

Se vede imediat pe această formă că:

$$\lim_{T\to\infty}\frac{t'(k)}{T} = \frac{q^k\cdot(1-q)^{n-k}}{q^{k-1}\cdot(1-q)^{n-k-1}[(n-k)\,q+k\,(1-q)]} -$$

$$= \frac{q\cdot(1-q)}{k+q\,(n-2\,k)}.$$

Aşadar rezultă pentru durata medie $t(k)$, a evenimentului compus din manifestarea simultană a k evenimente elementare, următoarea exprimare:

$$t(k) = T\lim_{T\to\infty}\frac{t'(k)}{T} = \frac{T\cdot q\,(1-q)}{k+q\,(n-2\,k)} = \frac{t\,(1-q)}{k+q\,(n-2k)}. \tag{9}$$

AHEXA 3

Notînd cu t_i durata medie a evenimentului (i), rezultă: $q_i = \frac{t_i}{T}$, adică evenimentele elementare ale cîmpului au, în cazul acesta, probabilităţi de apariţii q_i diferite.

Să observăm, în prealabil, pe formula (11′) de mai sus că putem scrie: $t'(k) = \frac{g_k(T)}{h_k(T)}$, unde am notat cu $g_k\ (T)$ şi $h_k(T)$, respectiv, coeficienţii lui x^k în dezvoltările:

$$[(t \cdot x+(T-t)]^n;\ \{[t\,x+(T-t)]^n-[(t-1)\,x+(T-t-1)]^n\}.$$

Un raţionament analog celui precedent, admiţînd că evenimentele elementare se succed la intervale de timp care sînt multipli ai unităţii de timp alese, ne conduce la concluzia că durata medie $t'(k)$, a evenimentelor compuse din k evenimente elementare simultane, se exprimă (în lumina observaţiei de mai sus) prin:

$$t'(k) = \frac{g_k(T)}{h_k(T)}, \tag{15}$$

unde $g_k(T)$ şi $h_k(T)$ sînt, respectiv, coeficienţii lui x^k din dezvoltările de la numărătorul şi numitorul următoarei fracţii:

$$\frac{\prod\limits_1^n [t_i\,x + (T - t_i)]}{\prod\limits_1^n [t_i\,x + (T - t_i) - \prod\limits_1^n [(t_i - 1)\,x + (T - t_1 - 1)]}. \tag{16}$$

Ţinînd seamă de relaţiile $q_i = \frac{t_i}{T}$, funcţia raţională de x (12) devine, după simplificare cu T^n:

$$\frac{\prod\limits_1^n [q_i\,x + (1 - q_i)]}{\prod\limits_1^n [q_i\,x + (1 - q_i)] - \prod\limits_1^n \left[\left(q_i - \frac{1}{T}\right)x + \left(1 - q_i - \frac{1}{T}\right)\right]}, \tag{17}$$

astfel că vom putea scrie:

$$t'(k) = \frac{g_k}{h_k\left(\frac{1}{T}\right)} \tag{18}$$

unde g_k (independent de T) şi $h_k\left(\frac{1}{T}\right)$ $\left(\text{polinom în nedeterminata } \frac{1}{T}\right)$ sînt coeficienţii lui x^k de la numărătorul, respectiv numitorul lui (17).

Scriind (17) sub forma echivalentă:

$$\frac{\prod\limits_1^n [q_i\,x + (1 - q_i)]}{\prod\limits_1^n [q_i\,x+(1-q_i)]-\prod\limits_1^n \left[q_i\,x+(1-q_i)-\frac{1}{T}(x+1)\right]} \tag{17'}$$

remarcăm, mai uşor, că polinomul $h_k\left(\frac{1}{T}\right)$ nu conţine termen liber, adică este de forma:

$$h_k\left(\frac{1}{T}\right) = \dot{h}_k \cdot \frac{1}{T} + \frac{1}{T^2}[\ldots], \tag{19}$$

în care am notat cu $\dot{h}_k$ coeficientul lui $\frac{1}{T}$.

Continuînd raţionamentul de la cazul anterior, pentru a înlătura restricţia privitoare la succesiunea evenimentelor elementare, vom considera expresia:

$$\frac{t'(k)}{T} = \frac{g_k}{T h_k\left(\frac{1}{T}\right)} = \frac{g_k}{\dot{h}_k + \frac{1}{T}[\ldots]} \tag{20}$$

ultima egalitate fiind o consecinţă a lui (16).

Trecînd, în continuare, la limită, obţinem:

$$\lim_{T\to\infty} \frac{t'(k)}{T} = \frac{g_k}{h_k^*}. \tag{21}$$

Aşadar rezultă pentru durata medie $t(k)$, a evenimentului compus din manifestarea simultană a k evenimente elementare, următoarea expresie:

$$t(k) = T \cdot \lim_{T\to\infty} \frac{t'(k)}{T} = \frac{T \cdot g_k}{h_k^*},\ \text{unde } g_k \text{ şi } h_k^* \tag{15}$$

au semnificaţiile menţionate mai sus.

ANEXA 4

Din punctul de vedere al raţionamentului nostru, care este fundat pe stabilirea numărului de unităţi de timp ocupate de fiecare eveniment elementar în perioada T, este indiferent dacă socotim că evenimentul elementar (i) se produce de f_i ori în perioada T cu duratele $t_{i\alpha}$ ($\alpha = 1, 2, \ldots f_i$), sau că el se produce o singură dată în această perioadă cu o durată egală cu

$\sum\limits_{\alpha=1}^{f_i} t_{i\alpha}$ (tot atîtea unităţi de timp

ale perioadei ocupă şi tot atîtea dintre ele le lasă neocupate). Notînd:

$$\theta_i = \sum_{\alpha=1}^{f_i} t_{i\alpha} \to q_i = \frac{\theta_i}{T}.$$

Să observăm, de asemenea, că numărul unităţilor de timp conexe, ocupate sau neocupate de evenimentul elementar i în perioada T, este $(\theta_i - f_i)$, respectiv $(T - \theta_i - f_i)$, deoarece evenimentul elementar (i) se produce, în acest caz, de f_i ori în perioada T, şi nu o singură dată ca în cazurile precedente.

Raţionînd ca în cazul precedent, admiţînd că evenimentele elementare se succed la intervale de timp care sînt multipli ai unităţii de timp alese, obţinem pentru durata medie $t'(k)$ a evenimentelor compuse din k evenimente elementare simultane, următoarea expresie:

$$t'(k) = \frac{g_k}{h_k\left(\frac{1}{T}\right)},\ \text{unde } g_k \text{ şi } h_k\left(\frac{1}{T}\right) \tag{18'}$$

sînt coeficienţii lui x^k de la numărătorul, respectiv numitorul următoarei fracţii:

$$\frac{\prod\limits_1^n [q_i\,x + (1 - q_i)]}{\prod\limits_1^n [q_i x+(1-q_i)]-\prod\limits_1^n \left[q_i\,x+(1-q_i)-\frac{f_i}{T}(x+1)\right]}. \tag{17''}$$

Remarcăm, şi acum, că polinomul $h_k\left(\frac{1}{T}\right)$ nu conţine termen liber, adică este de forma (18).

Continuînd, pas cu pas, raționamentul de la cazul precedent vom putea scrie mai departe:

$$\frac{t'(k)}{T} = \frac{g_k}{T \cdot h_k\left(\frac{1}{T}\right)} = \frac{g_k}{h_k^* + \frac{1}{T}[\ldots]} \tag{20'}$$

$$\lim_{T\to\infty} \frac{t'(k)}{T} = \frac{g_k}{h_k^*} \tag{21'}$$

$$t(k) = T \lim_{T\to\infty} \cdot \frac{t'(k)}{T} = \frac{T \cdot g_k}{h_k^*}, \tag{22}$$

unde g_k și $\dot{h}_k$ au semnificațiile menționate.

Să observăm că atunci cînd $f_i = 1$ pentru toți i, urmează $\theta_i = t_i$, și toate relațiile de mai sus se transformă în relațiile de la cazul precedent, ceea ce confirmă încă o dată justețea raționamentului nostru privitor la acest caz.

ANEXA 5

Descompunînd intervalul de timp x în intervale elementare egale dx, al căror număr este $n = \frac{x}{dx}$, instalația va avea o perioadă de funcționare $T_f > x$ dacă ea nu se va defecta în nici unul din intervalele elementare dx.

Aceste din urmă evenimente fiind independente, rezultă:

$$P(T_f > x) = \lim_{dx\to 0}(1 - a\,dx)^{\frac{x}{dx}} = \lim_{dx\to 0}\left[(1 - a\,dx)^{-\frac{1}{a dx}}\right]^{-ax} = e^{-ax}$$

Așadar:

$$1 - A(x) = e^{-ax}$$

sau

$$A(x) = 1 - e^{-ax}.$$

Pe o cale analogă se găsește:

$$B(x) = 1 - e^{-bx}.$$

Remarcăm că:

$$A(0) = B(0) = 0;\ \lim_{x\to\infty} A(x) = \lim_{x\to\infty} B(x) = 1.$$

Proprietăți ale distribuției (repartiției) exponențiale.

$$1°\cdot\ P(T_f > (x + y) \mid T_f > x) = P(T_f > y),$$

adică probabilitatea evenimentului $T_f > x + y$, condiționată de evenimentul $T_f > x$, este egală cu probabilitatea evenimentului $T_f > y$.

Observînd că $T_f > x + y \cap T_f > x = T_f > x + y$, definiția probabilităților condiționate ne permite să scriem:

$$P(T_f > (x + y) \mid T_f > x) = \frac{P(T_f > x + y)}{P(T_f > x)} =$$

$$= \frac{e^{-a(x+y)}}{e^{-ay}} = e^{-ay} = P(T_f > y). \tag{34}$$

Această proprietate este o consecință directă a faptului că intensitatea de defectare este constantă; ea nu va putea depinde de timpul cît a funcționat instalația, fie că este vorba de timpul total, fie că este vorba de timpul care s-a scurs după ultima defectare.

Să remarcăm că enunțul (1°) exprimă, de fapt, următoarele: probabilitatea ca durata unei perioade de funcționare să se prelungească cu un număr de zile superior lui y nu depinde de numărul zilelor de funcționare anterioară, ea fiind egală cu probabilitatea ca durata unei perioade complete de funcționare se depășească y zile.

$$2°\cdot\ E(T_f) = \frac{1}{a},$$

adică valoarea medie a unei variabile aleatoare, exponențial distribuită, este egală cu inversul parametrului distribuției.

Într-adevăr:

$$E(T_f) = \int_0^\infty x\,dA(x), \tag{35}$$

unde integrala din membrul drept este o integrală Stieltjes.

Deoarece $\int_k^\infty x\,d\,A(x) = \lim_{X\to\infty} \int_0^X x\,d\,A(x)$, vom calcula integrala Stieltjes:

$$\int_0^X x\,d\,A(x), \tag{36}$$

care se reduce la calculul integralei. Riemann:

$$\int_0^X x\,e^{-ax} \cdot a\,dx. \tag{37}$$

Integrînd prin părți, obținem:

$$\int_0^X x\,e^{-ax} \cdot a\,dx = \frac{1}{a} - \left(X e^{-aX} + \frac{1}{a} e^{-aX}\right).$$

Trecînd la limită, expresia din paranteză tinde la zero; așa că vom avea:

$$\lim_{X-\infty} \int_0^X x\,e^{-ax} \cdot a\,dx = \frac{1}{a}. \tag{38}$$

$$3°\cdot\ \sigma(T_f) = \frac{1}{a},$$

adică abaterea medie pătratică (abaterea standard) a unei variabile aleatorii, exponențial distribuită, este de asemenea egală cu inversul parametrului distribuției.

Într-adevăr:

$$\sigma(T_f) = \sqrt{E(T_f^2) - [E(T_f)]^2}. \tag{39}$$

Vom avea de calculat numai $E(T_f^2)$, deoarece pe $E(T_f)$ l-am calculat mai înainte.

$$E(T_f^2) = \int_0^\infty x^2\,dA(x) = \lim_{X\to\infty} \int_0^X x^2\,dA(x) = \tag{40}$$

$$= \lim_{X\to\infty} \int_0^X x^2\,e^{-ax} \cdot a\,dx.$$

Notînd $\int_0^X x^2\,e^{-ax} \cdot a\,dx = J(X)$ și integrînd prin părți, obținem:

$$J(X) = -X^2 e^{-aX} + \frac{2}{a} \int_0^X x\,e^{-ax} \cdot a\,dx, \tag{41}$$

după ce am ales părţile astfel :

$$u = x^2, \; dv = e^{-ax} \cdot a\, dx.$$

Am arătat mai sus că

$$\lim_{X \to \infty} \int_0^X x\, e^{-ax} \cdot a\, dx = \frac{1}{a}$$

Din (41) rezultă

$$\lim_{X \to \infty} J(X) = \frac{2}{a^2} \tag{42}$$

şi ţinînd seamă de (39), deducem :

$$\sigma(T_f) = \sqrt{\frac{2}{a^2} - \frac{1}{a^2}} = \frac{1}{a}. \tag{43}$$

Pentru variabila aleatoare T_d, subzistă formule analoge :

$$E(T_d) = \frac{1}{b}; \quad \sigma(T_d) = \frac{1}{b}. \tag{44}$$

ANEXA 6

$$I(X) = \int_0^X x A'(x)\, dx = \int_0^X \left[x \cdot a \cdot (t + x)\, e^{-\int_0^x a(t+y)\, dy} \right] dx.$$

Integrînd prin părţi, obţinem :

$$I(X) = -X e^{-\int_0^X a(t+x)\, dx} + \int_0^X \frac{A'(x)}{a(t+x)}\, dx, \tag{55}$$

după ce am ales părţile astfel :

$$u = x, \; dv = \left[a(t+x)\, e^{-\int_0^X a(t+v)\, dv} \right] dx$$

Notînd : $f(X) = -X e^{-\int_0^X a(t+v)\, dy}$, şi aplicînd formula mediei integralei din membrul drept al expresiei lui $I(X)$, obţinem :

$$I(X) = f(X) + \frac{A(X)}{a(t+\xi)} \quad (0 \leqslant \xi \leqslant X). \tag{56}$$

Cînd $\xi \to \infty \Rightarrow X \to \infty$ şi rezultă :

$$\lim_{X \to \infty} I(X) = \lim_{X \to \infty} f(X) + \lim_{X \to \infty} A(X) \cdot \lim_{X \to \infty} \frac{1}{a(t+\xi)}. \tag{57}$$

Ţinînd seamă de expresiile lui $f(X)$ şi $A(X)$, deducem :

$$\lim_{X \to \infty} I(X) = \lim_{Y \to \infty} \frac{1}{a(Y)},$$

unde

$$Y = t + \xi, \tag{58}$$

ceea ce demonstrează prima formulă (54).

La fel se dovedeşte cea de-a doua formulă (54).

ANEXA nr. 7

Deoarece $\lim\limits_{t \to \infty} R(t) = \infty$ rezultă :

$$\lim_{t \to \infty} q(t) = \lim_{t \to \infty} \left[e^{-R(t)} \cdot \int_0^z a(z)\, e^{R(z)}\, dz \right] \tag{59}$$

Scriind :

$$e^{-R(t)} \cdot \int_0^t a(z)\, e^{R(z)}\, dz = \frac{\int_0^t a(z)\, e^{R(z)}\, dz}{e^{R(t)}}$$

şi aplicînd regula lui Hospital, deducem :

$$\lim_{t \to \infty} q(t) = \lim_{t \to \infty} \frac{a(t)}{[a(t) + b(t)]} = \frac{\lim\limits_{t \to \infty} \frac{1}{b(t)}}{\lim\limits_{t \to \infty} \left[\frac{1}{a(t)} + \frac{1}{b(t)} \right]} =$$

$$= \frac{E(T_d)}{E(T_f) + E(T_d)}. \tag{49'}$$

Bibliografie

[1] Onicescu, O. *Calculul probabilităţilor*. Ed. tehnică, Bucureşti, 1956.

[2] Mihoc, Gh. *Teoria probabilităţilor*. Editura tehnică, Bucureşti,

[3] Onicescu, O., Mihoc, Gh. şi Ionescu Tulcea, C. T. *Calculul probabilităţilor şi aplicaţii*. Ed. Acad. R.P.R., 1956.

[4] Calabrese, G. *Calcul de la puissance de réserve dans les complexes électriques par la méthode des probabilités*. Bulletin scientifique de l'A.I.M., 1955.

[5] Calvaer, A. *Le calcul des probabilités appliqué aux réserves des grands réseaux électriques*. Bulletin scientifique de l'A.I.M., 1957.

[6] Brossa, G. *Determinazione dello sviluppo dei sistemi elettrici con il metodo probabilistico*. La Termotecnica nr. 3, 1961.

[7] Kist, C. şi Thomas, G. I. *Probability calculation for system generation reserves*. A.I.E.E. Transactions, 1958.

[8] Baldwuin, C. I., Gaver, D. P. şi Hoffman, C. H. *Mathematical models for use in the simulation of power generation outages*. Power Apparatus and Systems vol. 78.

Reducerea schemelor electrice utilizate în energetică, folosind calculatoarele numerice

Ing. **H. Alber**

Reducerea schemelor electrice a apărut necesară în energetică o dată cu dezvoltarea interconexiunii, cu apariția unor rețele complexe alimentate de surse multiple.

Ea a devenit posibilă după o cunoaștere amănunțită a procesului analizat, a condițiilor în care el se desfășoară, a considerării elementelor determinante în procesul analizat și a acelora care pot fi aproximate într-o mare măsură.

Scopul acestei reduceri îl constituie simplificarea condițiilor de calcul.

În general, o schemă redusă este aceea care reprezintă sistemul energetic (avînd N noduri și L laturi) printr-o conexiune electrică nouă (avînd $n < N$ noduri și $l < L$ laturi) și care respectă condițiile fundamentale de desfășurare a procesului analizat și pentru elementele studiate.

Rezultă că reducerea de schemă se face diferit pentru diferitele probleme studiate și după elementele de studiat.

În figura 1 se arată sistematic modurile de reducere a schemelor electrice utilizate în energetică și domeniul de folosire a fiecărui mod de reducere.

Se studiază numai probleme de echivalență pentru un sistem în ansamblu, condițiile de frontieră fiind date. Nu se urmărește evidențierea echivalenței în raport cu un nod sau o latură a sistemului.

Se constată că orice reducere de schemă pleacă de la un regim inițial calculat pentru rețeaua completă, regimul de bază.

Calculul regimului de bază se poate face folosind relații de forma :

$$| \underline{I} | = | \underline{Y} | \; | \underline{E} | \tag{1}$$

sau

$$| \underline{U} | = | \underline{Z} | \; | \underline{I} | \tag{2}$$

Datorită simplicității de scriere a matricei admitanțelor $| Y |$ se preferă forma (1).

Ecuațiile de stare ale regimului inițial sînt :

a) Ecuațiile de balanță ale puterilor :

$$\sum_{1}^{m} \underline{S}_{i\ generat} = \sum_{1}^{k} \underline{S}_{j\ consumat} + \Delta \underline{S},$$

în care :

$\underline{S}_{i\ generat}$ este puterea produsă de generatorul $i = P_i + jQ_i$ (în total m generatoare) ;

$\underline{S}_{j\ consumat}$ — puterea consumată de consumatorul $j = P_j + jQ_j$ (în total k consumatori) ;

$\Delta \underline{S}$ — pierderea totală în rețea.

$$\Delta \underline{S} = \sum_{1}^{L} \frac{P_s^2}{U_s^2} r_s + j \sum_{1}^{L} \frac{Q_s^2}{U_s^2} x_s .$$

Diferite scheme reduse conservă sau nu această ecuație de balanță în forma ei din regimul inițial.

Reducerea prin aruncare nu respectă de loc această relație.

Reducerea prin eliminare de noduri prin transfigurare nu este conservativă pentru pierderi și sarcini, dar conservă totalul inițial $\Sigma \underline{S}_{i\ cons} + \Delta \underline{S}$.

Schemele REI cu sarcina unică, ca și cele obținute prin transformare Kron — Kirchmayer și Hockman — Toalston — Harker, conservă balanța regimului inițial, pe elementele ei.

b) Ecuațiile de determinare a stării electrice a rețelei (tensiuni în nodurile rețelei și prin acestea circulații de puteri și pierderi în rețea) :

$$\begin{array}{ll} & \underline{U}_1 \underline{\underline{Y}}_{11} - \underline{U}_2 \underline{\underline{Y}}_{12} \ldots - \underline{U}_k \underline{\underline{Y}}_{1k} \ldots - \underline{U}_n \underline{\underline{Y}}_{1n} = \underline{\underline{I}}_1 \\ \text{(A)} & -\underline{U}_1 \underline{\underline{Y}}_{k1} - \underline{U}_2 \underline{\underline{Y}}_{k2} \ldots + \underline{U}_k \underline{\underline{Y}}_{kk} \ldots - \underline{U}_n \underline{\underline{I}}_{kn} = \underline{\underline{I}}_k \\ & -\underline{U}_1 \underline{\underline{Y}}_{n1} - \underline{U}_2 \underline{\underline{Y}}_{n2} \ldots \underline{U}_k \underline{\underline{Y}}_{nk} \ldots + \underline{U}_n \underline{\underline{Y}}_{nn} = \underline{\underline{I}}_n \end{array}$$

unde :

$\underline{U}_k$ este tensiunea nodului k scrisă în raport cu un nod de referință ales ;

$\underline{\underline{Y}}_{kk}$ — suma admitanțelor laturilor care converg în nodul k ;

$\underline{\underline{Y}}_{ik}$ — admitanța de legătură directă între nodurile i și k ;

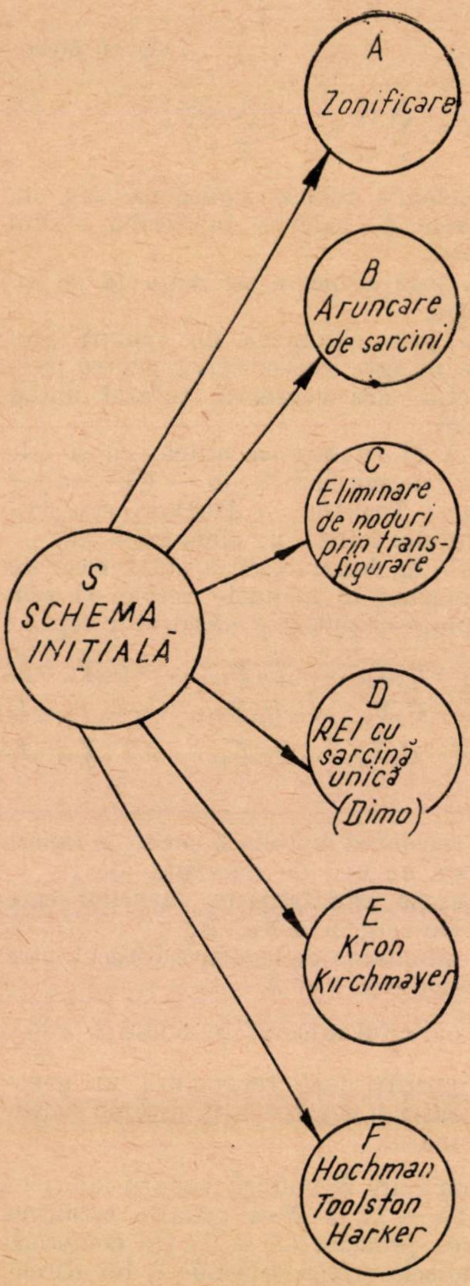
I_k — curentul injectat în nodul $k = \dfrac{\overset{*}{\underline{S}}_k}{\overset{*}{\underline{U}}_k}$, pozitiv dacă reprezintă un generator și negativ dacă este un consumator.

Dacă rețeaua are N noduri, ecuații independente sînt $(N - 1)$, a N-a ecuație rezultînd din însumarea primelor $(N - 1)$ (în conformitate cu premisele primei teoreme a lui Kirchhoff).

Se elimină ecuația corespunzătoare nodului ales ca *nod de referință*, în raport cu care se determină tensiunile tuturor celorlalte bare.

Nodul de referință este nodul pentru care tensiunea are modulul ales și argumentul considerat zero — poate fi ales în oricare din puncte, cu condiția ca valorile în modul ale tensiunii să fie alese corespunzător.

Circulațiile de curenți obținute apar total independente de nodul de referință ales și de modulul tensiunii. Ele, fiind însă determinate de valoarea curenților de injecție din noduri, sînt astfel indirect determinate de nivelul de



Ipoteze de calcul	Probleme la care s-au aplicat
Detașarea din sistemul energetic a unei zone și fixarea condițiilor de graniță ($\overrightarrow{U}$, $\bar{S}$)	Studiul privind configurația rețelei unei zone a sistemului energetic în care legătura electrică între punctele extreme este foarte puternică
Tensiunile în nodurile rețelei rămîn constante. Se aplică legea momentelor.	Calcule de stabilitate și scurtcircuite. Reglaje. Nu este conservativă pentru pierderi nici măcar în regim inițial, circulațiile de putere pe artere fiind total modificate. Întrucît sarcina se conservă în mărime, iar pierderile scad, puterea generată rezultată din ecuațiile de balanță este mai mică decît în regim inițial
Sarcinile sînt reprezentate prin admitanțe constante față de pămînt, generatoarele prin reactanță și f.e.m. în spatele acestora. Reducerea se face prin transfigurarea stea-triunghi. Poate afecta și noduri fără injecții.	Calcule de stabilitate (determinarea admitanțelor proprii și de transfer) și scurtcircuite. Reglaje. Nu este conservativă pentru pierderi. Sarcina nu se păstrează ca valoare. Totalul sarcină plus pierderea se conservă pentru regimul inițial, transfigurarea stea-poligon, păstrînd condițiile de schimb la graniță.
Sarcinile considerate conforme cu variația de forma KU^2. Ele sînt inițial reprezentate prin Y_s față de pămînt. În schema finală ele au un punct echivalent de aplicare „e" Transformarea se face prin metoda substituției.	Schema este conservativă pentru pierderi, riguros pentru regimul inițial. Pentru alte regimuri este riguroasă la variația sarcinilor conform cu ipoteza de calcul și aproximativă pentru alte cazuri. Poate fi utilizată în probleme de pierderi (pentru calculul coeficienților B).
Conformismul sarcinilor se consideră prin relații de curenți ($\underline{l}_i$, $\underline{I}_i^*$, $\underline{U}_i$) 1) $\underline{I}_1 = \underline{l}_1 \underline{I}_t$ 2) $\underline{I}_t = \sum \underline{I}_g$ $\underline{I}_2 = \underline{l}_2 \underline{I}_t$ $\underline{I}_t = \sum \underline{I}_i$ sau relații mai complexe. Reducere prin transformarea lui Kron sau direct prin calcule de regimuri particulare.	Schema este conservativă pentru pierderi, riguros pentru regimul inițial. Pentru alte regimuri este riguroasă la variația sarcinilor conform cu ipoteza de calcul și aproximativă pentru alte cazuri. Poate fi utilizată în probleme de pierderi (pentru calculul coeficienților B).
Conformismul sarcinilor considerat prin $Z_s =$ = ct. Se aplică procedeul de eliminare prin substituție cu utilizarea matricei Z. În final, prin eliminare se obține o sarcină echivalentă aplicată într-un punct al unei scheme radiale.	Schema este conservativă pentru pierderi. riguros pentru regimul inițial. Pentru alte regimuri este riguroasă la variația sarcinilor conform cu ipoteza de calcul și aproximativă pentru alte cazuri. Poate fi utilizată în probleme de pierderi (pentru calculul coeficienților B). Se observă că potențialele sînt condiționate în schema de legătură rigidă față de pămînt.

Fig. 1. Modul de reducere a schemelor electrice utilizate.

tensiuni sau determinante la stabilirea puterilor injectate în noduri.

Independent de legea de variație a sarcinilor, transfigurarea rețelei sau determinarea unei sarcini unice pe sistem nu modifică soluția sistemului de ecuații. Acest lucru apare ca evident, metoda substituției constituind una dintre metodele de rezolvare a ecuațiilor algebrice.

Considerînd deci numai problema nodului de referință, rezultă clar că modul de variație a sarcinii, modul ei de reprezentare, nu influențează cu nimic circulațiile, ele fiind considerate la un moment dat și pentru o anumită valoare a acestor sarcini.

Schema redusă păstrează, de regulă, nodul de referință al regimului de bază.

În mod special, la reducerea după metoda Kron — Kirchmayer și Hockman — Toalston, nodul de referință se deplasează, în final, la bara de aplicare a sarcinii unice.

Înainte de a trece la analiza mai detaliată a diferitelor reduceri de scheme, se va sublinia *importanța nodului de balansare sau de echilibru*, în care se preia variația de putere datorită variației condițiilor de funcționare a rețelei.

Acest nod de balansare are un rol minor în situațiile în care se calculează o simplă circulație de puteri în regim permanent, deoarece, după un prim calcul orientativ al pierderilor din rețea, puterile în noduri pot fi astfel considerate, încît, la închiderea balanței în nod, corecția de putere să fie practic nulă.

Nodul de balansare are un rol determinant în problemele de regim în care mărimile de stare (sarcinile, puterile produse) sînt considerate ca variabile. Astfel de probleme sînt, de exemplu, cele de repartiție optimă a sarcinii pe centralele unui sistem energetic etc.

Cum trebuie înțeles fizic nodul de balansare?

Să considerăm o schemă foarte simplă și o variație de sarcină elementară efectuată în nodul 4. Această variație de sarcină poate fi preluată în nodul 1, 2, 3 sau 4, după cum unul sau altul dintre ele este considerat nod de balansare. După nodul în care se preia variația, aceasta va încărca diferit arterele de transport, va produce pierderi diferite în rețea și evident că valoarea derivatei pierderilor în raport cu puterea $\left(\frac{\partial \pi}{\partial P_i}, \frac{\partial \pi}{\partial Q_i}\right)$ va avea valori diferite.

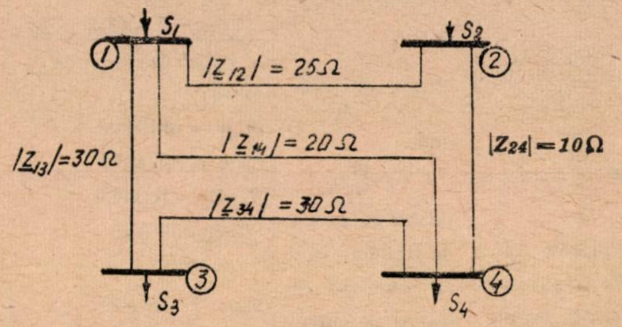

S_1
S_2
S_3
S_4
①
②
③
④
$|\underline{Z}_{12}| = 25\,\Omega$
$|\underline{Z}_{13}| = 30\,\Omega$
$|\underline{Z}_{14}| = 20\,\Omega$
$|Z_{24}| = 10\,\Omega$
$|\underline{Z}_{34}| = 30\,\Omega$

Fig. 2.

Considerînd pentru simplificare că $\frac{R}{X} = \text{ct.}$, pentru întreaga rețea, se obțin pentru o variație unitară a sarcinii în nodul 4 următorii coeficienți de repartiție a variației de sarcină :

Nod de balansare \ Latura	1–2	1–3	1–4	2–4	3–4
1	0,3	0,175	0,525	0,3	0,175
2	−0,2	0,05	0,15	0,8	0,05
3	0,15	−0,4125	0,2625	0,15	0,5875
4	0	0	0	0	0

Datele din tabelă pun clar în evidență importanța alegerii nodului de balansare.

Plecînd de la un regim stabilit, mărimea și semnul variației pierderilor în raport cu mărimea variată sînt total diferite.

Corect, ca nod de balansare trebuie aleasă numai o centrală, și anume aceea care, în ordinea creșterilor relative, urmează să preia variația de sarcină, deoarece în acest caz ecuațiile matematice oglindesc stările fizice prin care trece sistemul.

Rezultă, deci, că de la situație la situație, de la regim la regim, nodul de balansare trebuie schimbat, dacă urmărim un calcul absolut riguros.

În funcție de structura specifică fiecărei rețele, de depărtarea electrică dintre centralele care trebuie considerate ca ,,noduri de balansare'', se stabilește în ce măsură eroarea introdusă prin păstrarea aceluiași nod de balansare este admisibilă sau nu.

Schimbarea nodului de balansare nu atrage după sine schimbarea nodului de referință.

Contopirea celor două noduri se face numai pentru simplificarea calculelor.

În cele ce urmează se vor arăta schemele logice ale reducerilor de scheme folosite în energetică și se vor da și exemple de calcul efectuate pe mașinile cifrice existente în țară. Calculele au fost efectuate de ing. Iancovici Persida, folosind programe întocmite de colectivul centrului de calcul IFA și de atelierul mașini de calcul din ISPE.

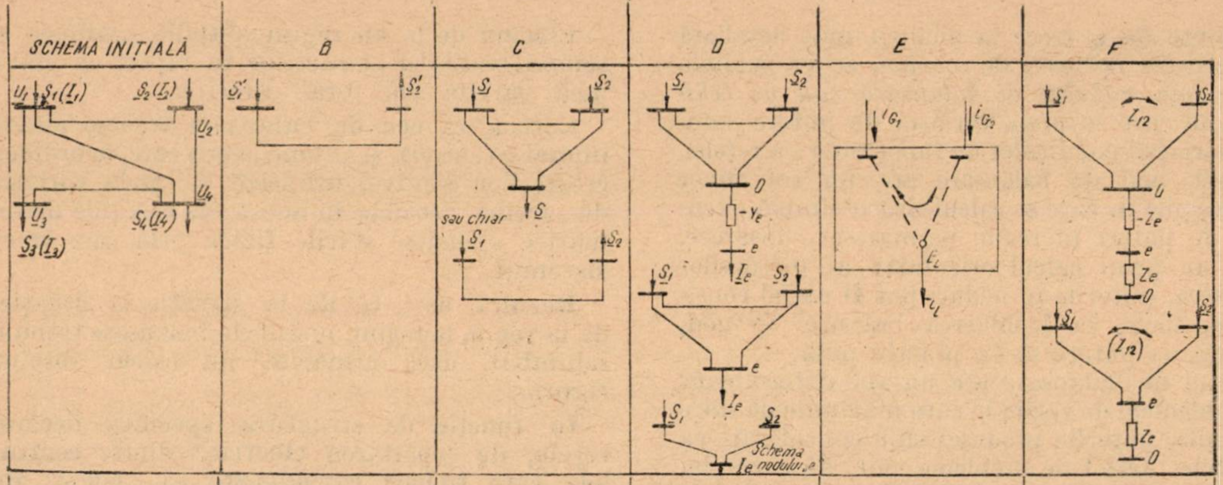
În figura 3 se arată comparativ forma schemelor reduse și se dau ecuațiile fundamentale de calcul.

În figura 4 se compară rezultatele obținute din reducerea schemelor prin metoda aruncării sarcinilor, a eliminării de noduri prin transfigurare, precum și prin metoda echivalentului REI (Dimo). Se constată din compararea schemelor că metoda aruncării sarcinilor nu permite conservarea pierderilor (29,94 MW, față de 47,4 MW), dar păstrează sarcina totală ; metoda transfigurării nu permite conservarea pierderilor (27,11 MW, față de 47,4 MW), dar păstrează încărcarea totală (pierderi și consum) pe generatoare ; echivalentul REI permite atît conservarea pierderilor cît și încărcarea totală a generatoarelor.

În figura 5 se arată modul de reducere a unei scheme inițiale date prin metoda Kron — Kirchmayer, atît pe calea transformărilor lui Kron cît și pe calea directă.

I. Schema logică a programului de reducere a schemei prin aruncare de sarcini

Pentru o rețea dată (fig. 6 *a*), o sarcină $\underline{S}_i = R_i + jQ_i$, amplasată la distanța electrică $Z_{i1} = R_{i1} + jX_{i1}$ de nodul 1 (cu sarcina pro-



SCHEMA INIȚIALĂ	B	C	D	E	F
	$\underline{S}'_1=\underline{S}_1+\underline{S}_{31}+\underline{S}_{41}$; $\underline{S}'_2=\underline{S}_2+\underline{S}_{32}+\underline{S}_{42}$ în care: $\underline{S}_{i1}=\underline{S}_i\,\dfrac{\underline{Z}^*_{i2}}{\underline{Z}^*_{i1}+\underline{Z}^*_{i2}}$ Ciclic pentru toate sarcinile de eliminat (aruncat)	$\underline{Y}'_{ih}=\underline{Y}_{ih}-\dfrac{\underline{Y}_{ni}\cdot\underline{Y}_{nh}}{\underline{Y}_{nn}}$ sînt termenii matricei Y după eliminarea nodului n. Ciclic pentru toți termenii matricei și pentru fiecare nod eliminat	$\underline{I}_e=\dfrac{\Sigma U^2{}_i\cdot\underline{Y}_i}{\underline{U}^*_e}$; $\underline{Y}_e=\dfrac{\Sigma\underline{U}_i\cdot\underline{Y}_i}{\underline{U}_e}$ Eliminarea nodurilor cu sarcină conformă, după relația de la C.	$\lvert Z\rvert=$ $=\lvert C^*_{t2}\rvert\lvert C^*_{t1}\rvert\lvert Z_i\rvert\lvert C_1\rvert\lvert C_2\rvert$ sau $\underline{Z}_{mk}=\dfrac{\underline{E}_m-\underline{C}_l}{\underline{I}_k}$ unde $\underline{C}_l=\underline{l}^*_j\,\underline{e}_{l_j}$ pentru un număr de regimuri egal cu numărul de noduri neconforme și ciclic, injecție de curent numai în nodul respectiv	$\underline{Z}_e=\dfrac{\Sigma\,\underline{S}_j}{\Sigma\underline{I}_j\,\Sigma\underline{I}^*_j}$; $\underline{Z}'_{mn}=\underline{Z}_{mn}-$ $-\dfrac{(\underline{Z}_{2m}-\underline{Z}_{1m})(\underline{Z}_{2n}-\underline{Z}_{1n})}{\underline{Z}_a+\underline{Z}_b-2\underline{Z}_{ab}+\underline{Z}_1}$ unde: m, n — indici de linie și coloană; $\underline{Z}_a, \underline{Z}_b$ — termeni diagonali (sarcini); $\underline{Z}_{ab}$ — termen mutual din matrice; $\underline{Z}_1$ — impedanța liniei ce leagă nodurile cu $\underline{Z}_a$ și $\underline{Z}_b$.

Fig. 3

prie $\underline{S}_1 = P_1 + jQ_1$) și $Z_{i2} = R_{i2} + jX_{i2}$ de nodul 2 (cu sarcina proprie $\underline{S}_2 = P_2 + jQ_2$), se elimină prin introducerea a două componente:

$$\text{în nodul (1) } \underline{S}_{i1} = \underline{S}_i \frac{\overset{*}{Z}_{i2}}{\overset{*}{Z}_{i1} + \overset{*}{Z}_{i2}} =$$

$$= \underline{S}_i \frac{R_{i2} - jX_{i2}}{(R_{i1} + R_{i2}) - j\,(X_{i1} + X_{i2})}$$

$$\text{în nodul (2) } \underline{S}_{i2} = \underline{S}_i \frac{\overset{*}{Z}_{i1}}{\overset{*}{Z}_{i1} + \overset{*}{Z}_{i2}} =$$

$$= \underline{S}_i \frac{R_{i1} - jX_{i1}}{(R_{i1} + R_{i2}) - j\,(X_{i1} + X_{i2})}.$$

În urma acestei transfigurări dispare nodul i, iar puterile din nodurile 1 și 2 se corectează cu valorile componentelor sarcinii aruncate:

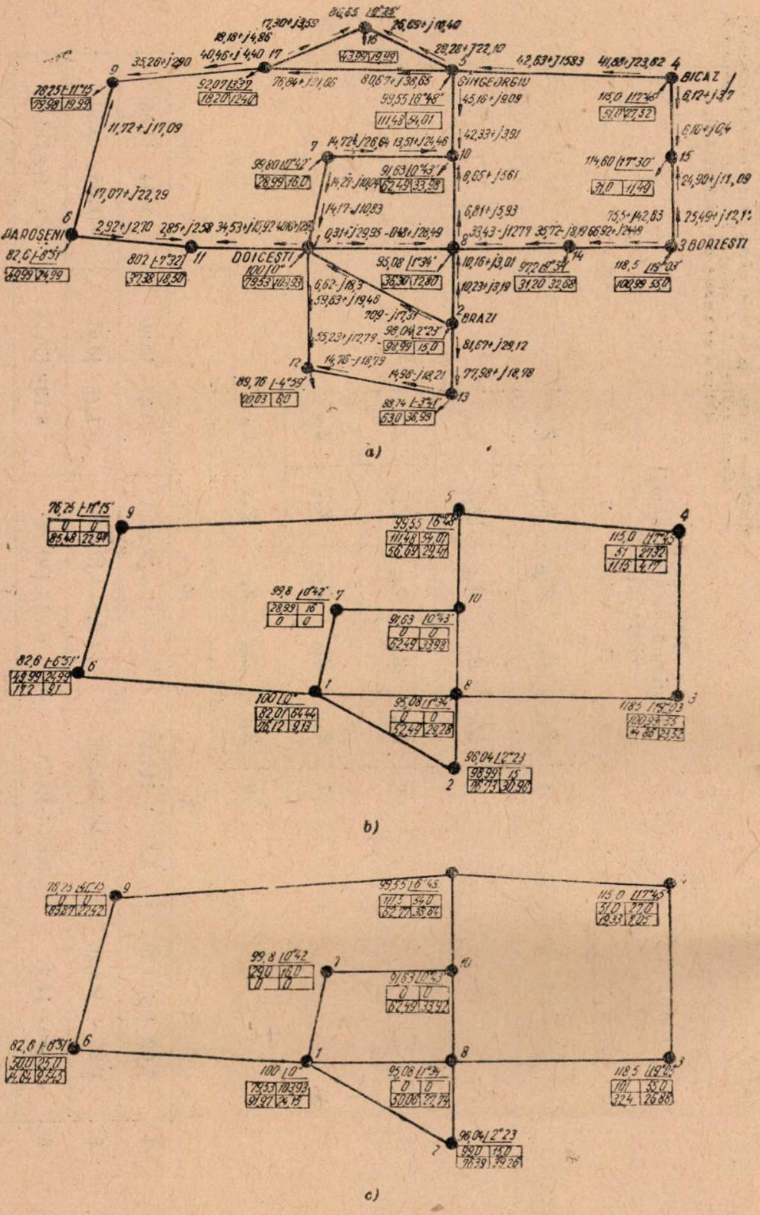
$$\underline{S}'_1 = \underline{S}_1 + \underline{S}_{i1}$$

$$\underline{S}'_2 = \underline{S}_2 + \underline{S}_{i2}$$

și calculul se continuă pe această nouă schemă (fig. 6 b).

După introducerea în memorie a programului de calcul și a datelor de bază:

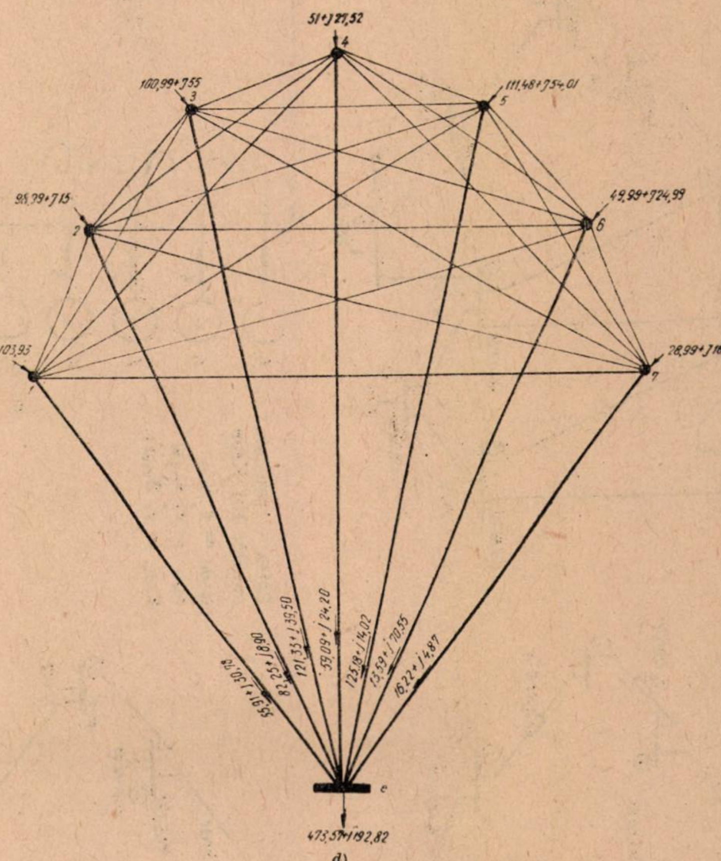
valorile rezistențelor R_{i1}, respectiv R_{i2}
valorile reactanțelor X_{i1}, respectiv X_{i2}
valorile puterilor P_1, P_2, P_i
Q_1, Q_2, Q_i


BICAZ
SINGEORGIU
DAROSENI
DOICESTI
BRAZI
BORZESTI
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

a)

b)

c)


51+j27,52
100,99+j55
111,48+j54,01
95,79+j15
49,99+j24,99
79,55+j103,93
28,99+j16
82,25+j8,90
121,33+j39,50
55,09+j24,20
125,8+j14,02
13,59+j10,55
16,22+j4,87
473,57+j192,82
1
2
3
4
5
6
7
e

d)

Fig. 4. Citeva moduri de reducere a schemelor:

a – schema inițială cu 17 noduri – regim de bază

ΣS consumat = 473,57 + j192,82
ΔS pierderi = 47,4 + j103,64
ΣS generat = 520,97 + j296,46

b – schema echivalentă cu 10 noduri cu sarcini aruncate – conservativă pentru sarcina totală:

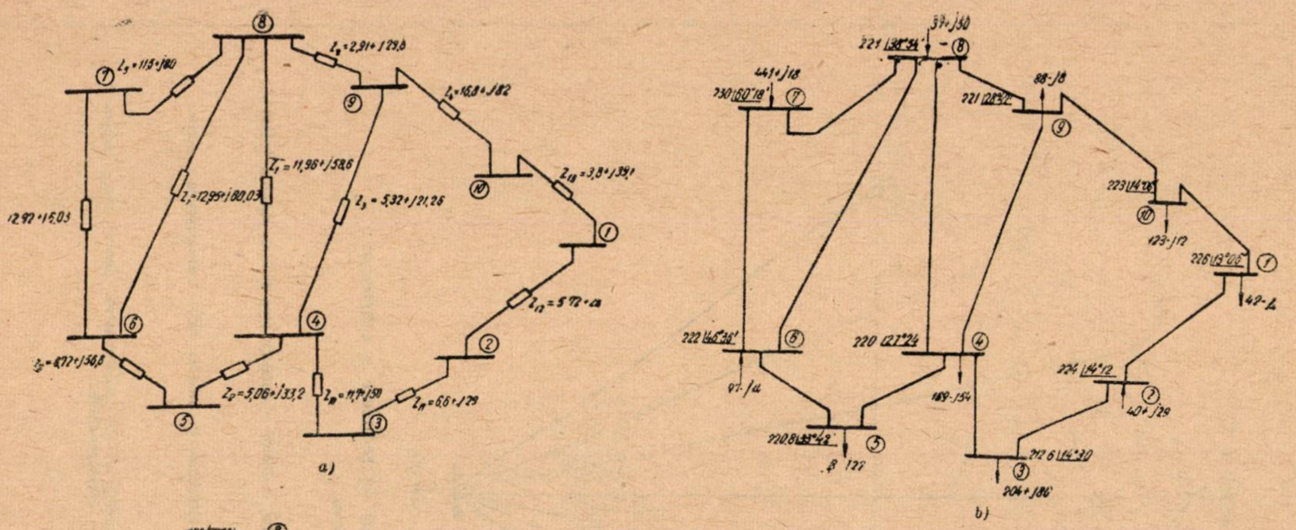
ΣS consumat = 473,51 + j192,82
ΔS pierderi = 29,94 + j63,94
ΣS generat = 503,45 + j256,76

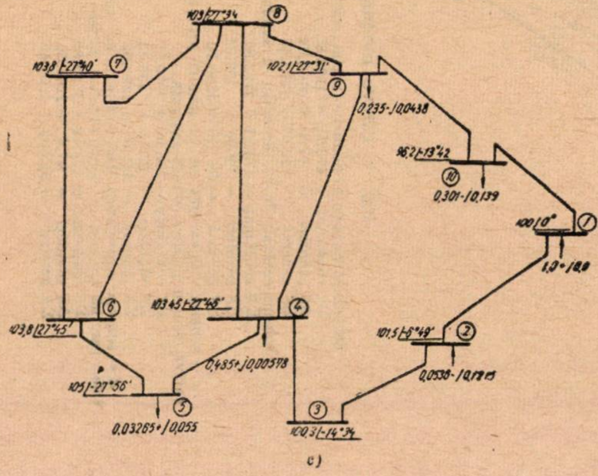
c – schema echivalentă cu 10 noduri prin eliminare de noduri prin transfigurare – conservativă pentru puterea totală generată:

ΣS consumat = 493,92 + j229,60
ΔS pierderi = 27,11 + j66,33
ΣS generat = 521,03 + j295,93

d – schema echivalentă REI – Dimo, cu sarcină unică – conservativă pentru toate elementele: sarcină totală de consum, pierderi, putere totală generată:

ΣS consumat = 473,57 + j192,82
ΔS pierderi = 47,4 + j103,64
ΣS generat = 520,97 + j296,46


⑧
$Z_9=2,91+j29,8$
⑦ $Z_5=11,5+j80$
⑨
$Z_6=16,8+j82$
$Z_1=11,96+j58,6$
$Z_{13}=3,8+j39,1$
⑩
12,97+j5,03
$Z_2=12,95+j80,03$
$Z_3=5,32+j21,26$
①
$Z_{12}=5,72+...$
⑥
④
②
$Z_8=8,72+j56,8$
$Z_9=5,06+j33,2$
$Z_{10}=11,4+j50$
$Z_{11}=6,6+j29$
⑤
③
a)
39+j50
221 |38°54'
441+j18
230 |60°18' ⑦
88-j8
221 |28°32'
223 |14°06'
123-j12
226 |13°06'
49-j4
222 |46°36'
220 |27°24
224 |14°12
97-j4
169-j54
40+j29
220,8 |35°42'
8 127
212,6 |14°30
204+j86
b)


103 |-27°34
⑧
103,8 |-27°40' ⑦
102,1 |-27°31'
⑨
0,235-j0,0438
96,2 |-13°42
⑩
0,301-j0,139
100 |0°
①
1,0+j0,0
103,45 |-27°46'
⑥
④
103,8 |27°45'
101,5 |-5°49'
②
0,485+j0,00578
0,0538-j0,1815
105 |-27°56'
⑤
0,03265+j0,055
③
100,3 |-14°34
c)

Calea transformărilor lui Kron

$$i_{vechi} = c \; i_{nou}$$
$$e_{nou} = \overset{*}{c_t} \; e_{vechi}$$
$$Z_{nou} = \overset{*}{c_t} \; Z_{vechi} \cdot$$

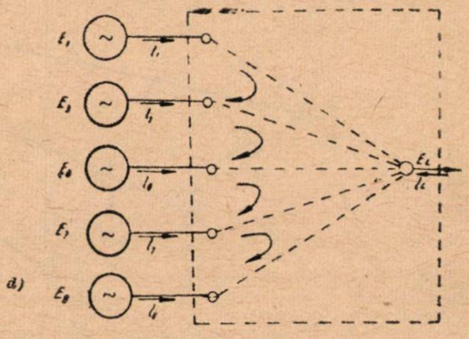

E_1
I_1
E_3
I_3
E_6
I_6
E_c
I_c
E_7
I_7
E_8
I_8
d)

Fig. 5. Reducerea schemelor la echivalenţe cu sarcina unică. Metoda Kron—Kirchmayer:

a — schema iniţială a reţelei; *b* — regim de bază calculat în schema iniţială; *c* — căile de obţinere a matricei *Z* pentru schema echivalentă (calea transformărilor lui Kron şi calea directă — calculul de regimuri particulare; nodul 1 energizat); *d* — schema echivalentă cu sarcină ipotetică; *e* — matricea *Z* (obţinută pe ambele căi) (referinţa 3).

Matricea Z
(obţinută pe ambele căi)
(Referinţa 3)

	1	3	6	7	8
1	Z_{11}	Z_{13}	Z_{16}	Z_{17}	Z_{18}
3	Z_{31}	Z_{33}	Z_{36}	Z_{37}	Z_{38}
6	Z_{61}	Z_{63}	Z_{66}	Z_{67}	Z_{68}
7	Z_{71}	Z_{73}	Z_{76}	Z_{77}	Z_{78}
8	Z_{81}	Z_{83}	Z_{86}	Z_{87}	Z_{88}

	1	3	6	7	8
1	7,69 + j43,23	5,18 + j17,92	−0,41−j5,17	−0,67−j4,90	−1,04−j4,58
3	1,35 + j18,46	7,92+j36,94	−0,94+j0,66	−1,26+j0,61	−1,68+j0,52
6	−2,49−j4,47	0,82+j0,83	6,93+j40,79	4,23+j30,26	1,50+j16,23
7	−2,22−j4,41	1,02+j0,56	4,76+j30,05	9,65+j59,63	2,29+j18,78
8	−1,97−j3,69	1,22+j0,86	2,64+j16,41	2,90+j19,17	3,02+j22,81

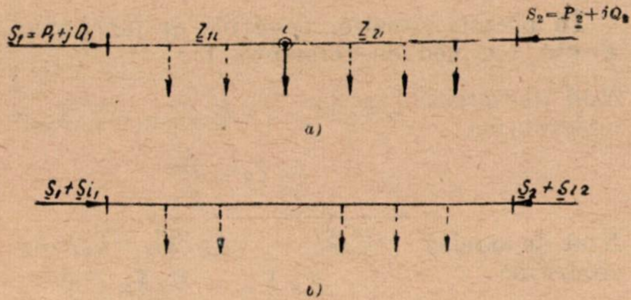
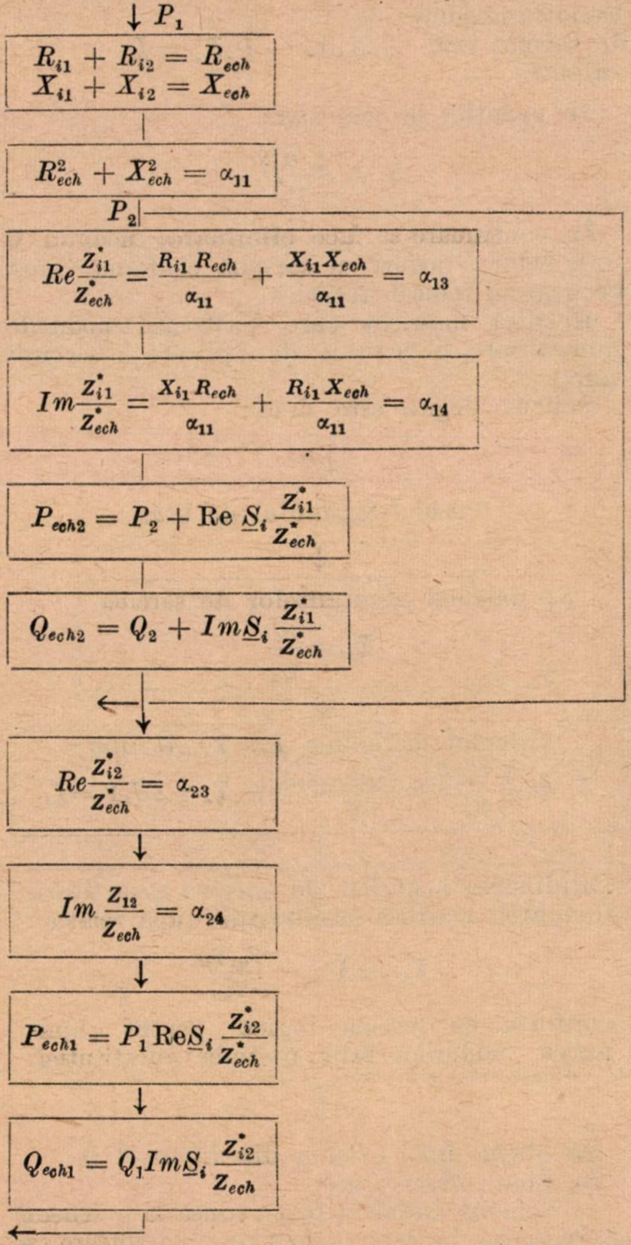

$\underline{S}_1 = P_1 + jQ_1$
$\underline{Z}_{i1}$
i
$\underline{Z}_{2i}$
$S_2 = P_2 + jQ_2$
a)
$\underline{S}_1 + \underline{S}_{i1}$
$\underline{S}_2 + \underline{S}_{i2}$
b)

Fig. 6.

se calculează



$$\downarrow P_1$$

$$R_{i1} + R_{i2} = R_{ech}$$
$$X_{i1} + X_{i2} = X_{ech}$$

$$R_{ech}^2 + X_{ech}^2 = \alpha_{11}$$

$$P_2$$

$$Re\frac{\overset{*}{Z}_{i1}}{\overset{*}{Z}_{ech}} = \frac{R_{i1}R_{ech}}{\alpha_{11}} + \frac{X_{i1}X_{ech}}{\alpha_{11}} = \alpha_{13}$$

$$Im\frac{\overset{*}{Z}_{i1}}{\overset{*}{Z}_{ech}} = \frac{X_{i1}R_{ech}}{\alpha_{11}} + \frac{R_{i1}X_{ech}}{\alpha_{11}} = \alpha_{14}$$

$$P_{ech2} = P_2 + \mathrm{Re}\,\underline{S}_i\,\frac{\overset{*}{Z}_{i1}}{\overset{*}{Z}_{ech}}$$

$$Q_{ech2} = Q_2 + Im\underline{S}_i\,\frac{\overset{*}{Z}_{i1}}{\overset{*}{Z}_{ech}}$$

$$Re\frac{\overset{*}{Z}_{i2}}{\overset{*}{Z}_{ech}} = \alpha_{23}$$

$$Im\,\frac{Z_{12}}{Z_{ech}} = \alpha_{24}$$

$$P_{ech1} = P_1\,\mathrm{Re}\underline{S}_i\,\frac{\overset{*}{Z}_{i2}}{\overset{*}{Z}_{ech}}$$

$$Q_{ech1} = Q_1 Im\underline{S}_i\,\frac{\overset{*}{Z}_{i2}}{Z_{ech}}$$

Programul a fost întocmit pentru mașina cifrică MECIPT—1 de la IP Timișoara.

El are avantajul că este scurt și se repetă mereu pentru alte date ale rețelei.

Poate fi automatizat pentru ciclarea în vederea parcurgerii tuturor nodurilor de redus dintr-o schemă complexă.

Rezultă final schema din figura 3 *C*.

Din experiența de calcul s-a constatat că o operație de aruncare a sarcinii care necesită pentru un calculator 15 minute s-a realizat cu mașina MECIPT—1 în 88 secunde.

II. Schema logică pentru eliminarea de noduri prin metoda substituției

După cum s-a arătat, ecuațiile de determinare a tensiunilor la noduri într-un sistem sînt de forma :

$$+\underline{U}_2\,\underline{Y}_{22}\ldots - \underline{U}_i\,\underline{Y}_{2i} - \underline{U}_n\,\underline{Y}_{2n} = \underline{I}_2 = \frac{\overset{*}{\underline{S}}_2}{\overset{*}{\underline{U}}_2}$$

$$-\underline{U}_2\,\underline{Y}_{i2} - + \underline{U}_i\,\underline{Y}_{ii} - \underline{U}_n\,\underline{Y}_{in} = \underline{I}_i = \frac{\overset{*}{\underline{S}}_i}{\overset{*}{\underline{U}}_i}$$

$$-\underline{U}_2\,\underline{Y}_{n2} - - \underline{U}_i\,\underline{Y}_{ni} - + \underline{U}_n\,\underline{Y}_{nm} = \underline{I}_n = \frac{\overset{*}{\underline{S}}_n}{\overset{*}{\underline{U}}_n}$$

în care nodul de referință s-a ales (1).

În nodurile generatoare, *I* are semnul (+), în cele consumatoare (—).

Considerînd sarcina reprezentată prin Z_s (respectiv $\underline{Y}_s$), pentru toate nodurile cu sarcină, ecuațiile devin :

$$-\underline{U}_2\,\underline{Y}_{n2}\ldots - \underline{U}_1\,\underline{Y}_{ni}\ldots + \underline{U}_n\,(Y_{nn} + Y_{sn}) = 0$$

se obține :

$$U_{1n} = \frac{+\underline{U}_2\,\underline{Y}_{n2} + \ldots + \underline{U}_i\,\underline{Y}_{ni}}{\underline{Y}'_{nn}},$$

care introdus în celelalte ecuații permite obținerea eliminării nodului *n*.

După substituție, pentru termenii diagonali se obține :

$$\underline{Y}'_{ii} = \underline{Y}_{ii} - \frac{Y_{in}^2}{\underline{Y}'_{nn}};$$

pentru termenii nediagonali :

$$\underline{Y}_{ih}' = \underline{Y}'_{ih} - \frac{\underline{Y}_{ni}\,\underline{Y}_{nh}}{Y'_{nn}}.$$

În relațiile de mai sus $Y'_{nn} = Y_{nn} + Y_{sn}$.

Pentru eliminarea mai multor noduri, operația se repetă.

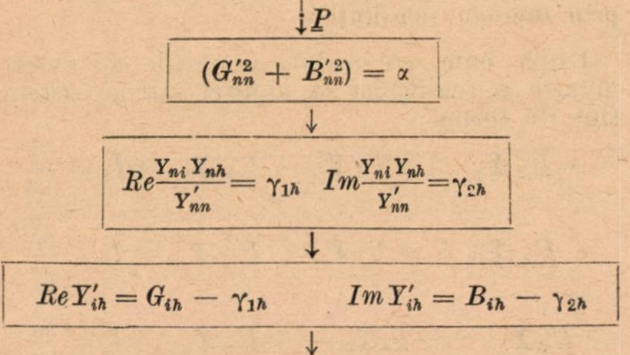
Programul s-a realizat atît pentru mașinile electronice CIFA—3, 4 (pentru reducerea de scheme cu maximum 18 noduri) cît și pentru mașinile CIFA—101 (pentru reducerea de scheme pînă la 60 noduri).

Schema logică a programului constă în determinarea noilor termeni diagonali și nediagonali.

La întocmirea programelor pentru mașină (ing. B. Cîrstoiu și ing. G. Martin de la IFA) s-a ținut seamă de obligativitatea de a nu se depăși unitatea în timpul calculelor și de a nu se lucra cu valori prea mici, care la operațiile de înmulțire ar putea conduce la rezultate nule (deoarece se păstrează numai primele 9 cifre). Prin program se schimbă ordinul de mărime pentru a se obține chiar ca cifra însemnătoare să fie și prima după virgulă.

La rezultat se indică și ordinul de mărime al valorilor.

Se introduc în memoria mașinii toate elementele caracteristice ale rețelei $\underline{Y}_{ik} = G_{ik} + jB_{ik}$



$\downarrow P$

$$(G'^2_{nn} + B'^2_{nn}) = \alpha$$

$\downarrow$

$$Re\frac{Y_{ni}Y_{nh}}{Y'_{nn}} = \gamma_{1h} \quad Im\frac{Y_{ni}Y_{nh}}{Y'_{nn}} = \gamma_{2h}$$

$\downarrow$

$$Re\,Y'_{ih} = G_{ih} - \gamma_{1h} \qquad Im\,Y'_{ih} = B_{ih} - \gamma_{2h}$$

$\downarrow$

Programul comportă două ciclări :

a) pentru eliminarea *unui nod*, parcurgerea tuturor ecuațiilor, în vederea determinării coeficienților. Se obține o nouă matrice de admitanțe cu un ordin mai mică.

b) pentru eliminarea tuturor nodurilor necesar a fi reduse, parcurgerea din nou a programului, în care valorile admitanțelor sînt modificate față de operația anterioară.

Se obține în final o schemă de tipul celei din figura 3 *C*, la care reducerea poate fi extinsă, după nevoi, asupra unuia sau a mai multor noduri.

III. Schema logică a programului de reducere a schemei pentru realizarea echivalentului REI *) (Dimo) cu sarcină unică

Pentru o rețea dată, al cărui regim inițial a fost calculat în prealabil, se urmărește înlocuirea tuturor nodurilor cu sarcină conformă ($\underline{S} = \underline{U}^2 \underline{Y}_s^*$) printr-un nod echivalent, cu sarcină unică, respectînd aceeași lege de variație cu sarcinile din nodurile eliminate.

Ecuațiile de definire ale nodului echivalent sînt următoarele :

$$\underline{U}_e \underline{I}_e^* = U_e^2 \underline{Y}_e^* = \Sigma\, U_i^2 \underline{Y}_i^*$$

$$\underline{U}_e \underline{Y}_e = \Sigma\, \underline{U}_i \underline{Y}_i,$$

în care :

$\underline{U}_e$ este tensiunea nodului echivalent față de pămînt ;

$\underline{Y}_e$ — admitanța echivalentă a sarcinii unice ;

$\underline{U}_i$, $\underline{Y}_i$ — tensiunea și admitanța de sarcină a nodurilor ce se elimină.

În această situație, ecuațiile de funcționare devin (cu nod de referință 1):

Nod de sarcină neconformă $\quad +\underline{U}_2\underline{Y}_{22}\cdots - \underline{U}_k\underline{Y}_{2k}\cdots - \underline{U}_n\underline{Y}_{2n} = \underline{I}_2 = \dfrac{\underline{S}_2^*}{\underline{U}_2^*}$

Nod de sarcină conformă $\quad -\underline{U}_2\underline{Y}_{k2}\cdots + \underline{U}_k(\underline{Y}'_{kk} + \underline{Y}_{ks})\cdots - \underline{U}_n\underline{Y}_{kn} - \underline{U}_0\underline{Y}_{ks} = 0$

Ecuația nodului 0 (identic nulă în regim inițial) $\quad -\underline{U}_i\underline{Y}_{is} + \underline{U}_0(\underline{Y}_{is} + \underline{Y}_e) - \underline{U}_e\underline{Y}_e = 0$

Ecuația nodului de sarcină echivalentă $\quad +\underline{U}_0\underline{Y}_e - \underline{U}_e\underline{Y}_e = \underline{I}_e$

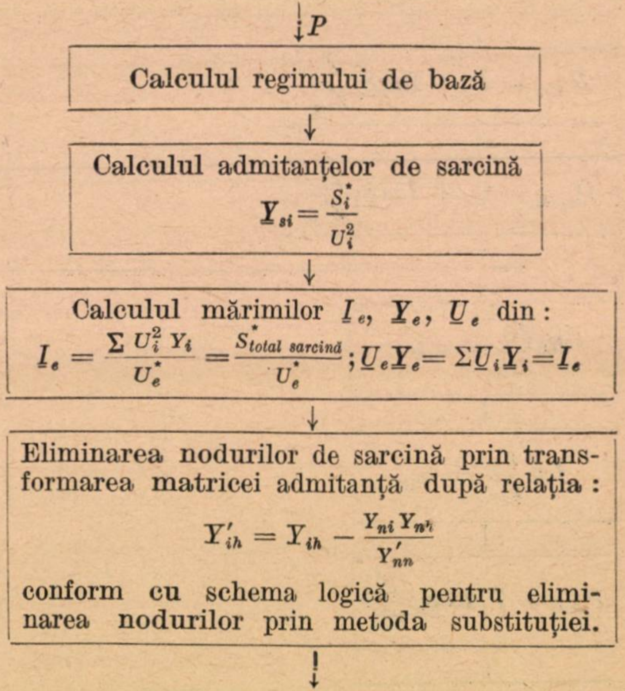
În ecuațiile de mai sus :

$$\underline{I}_e = \frac{\Sigma\, U_i^2 \underline{Y}_i}{\underline{U}_e^*}.$$

În continuare se face eliminarea nodului 0 și a celor *i* noduri cu sarcină conformă după programul indicat anterior.

Rezultă matricea care păstrează nodurile generatoare și nodul *e* de aplicare a sarcinii unice.

Schema logică este deci :



$\downarrow P$

Calculul regimului de bază

$\downarrow$

Calculul admitanțelor de sarcină

$$\underline{Y}_{si} = \frac{S_i^*}{U_i^2}$$

$\downarrow$

Calculul mărimilor $\underline{I}_e$, $\underline{Y}_e$, $\underline{U}_e$ din :

$$\underline{I}_e = \frac{\Sigma\, U_i^2\, Y_i}{U_e^*} = \frac{S^*_{total\ sarcin\breve{a}}}{U_e^*};\ \underline{U}_e\underline{Y}_e = \Sigma\underline{U}_i\underline{Y}_i = \underline{I}_e$$

$\downarrow$

Eliminarea nodurilor de sarcină prin transformarea matricei admitanță după relația :

$$Y'_{ih} = Y_{ih} - \frac{Y_{ni}Y_{nh}}{Y'_{nn}}$$

conform cu schema logică pentru eliminarea nodurilor prin metoda substituției.

$\downarrow$

Se obține final schema din figura 3 *D*.

Se poate observa că :

a) Schema inițială a fost redusă la o schemă echivalentă în care la bornele de intrare se aplică curenții generatori — cu valorile lor din schema inițială — iar la borna unică de ieșire se aplică curentul sarcinii echivalente.

b) Se demonstrează că această schemă rămîne conservativă pentru pierderi în cazul în care curenţii de sarcină din diferitele noduri (componentele curentului I_e) păstrează între ei totdeauna un raport constant.

---

*) Denumirea REI pentru un sistem este obținută prin generalizarea termenului radial-echivalent (REI) al schemelor echivalente pentru un nod în raport cu un sistem întreg.

c) Se constată cu uşurinţă că, în ipoteza menţinerii unui nivel de tensiune constant la barele centralelor, schema permite determinarea factorului de penalitate pentru pierderi al fiecărei centrale, prin simpla considerare a variaţiei pierderilor pe latura de legătură dintre centrală şi nodul unic de sarcină.

IV. Schema logică a programului de reducere a schemei pentru realizarea schemei echivalente de tip Kron-Kirchmayer

La obţinerea schemei echivalente de tip Kron-Kirchmayer, la calculul regimului se folosesc ecuaţiile de funcţionare a sistemului, scrise sub forma:

$$\underline{Z}_{11}\underline{I}_1+\underline{Z}_{12}\underline{I}_2+\ldots+\underline{Z}_{ik}\underline{I}_k+\ldots+Z_{in}I_n=e_1$$

$$\underline{Z}_{k1}\underline{I}_1+\underline{Z}_{k2}\underline{I}_2+\ldots+\underline{Z}_{kk}\underline{I}_k+\ldots+Z_{kn}I_n=\underline{e}_k$$

$$\underline{Z}_{n1}\underline{I}_1+\underline{Z}_{n}\underline{I}_2+\ldots+\underline{Z}_{nk}\underline{I}_k+\ldots+Z_{nn}I_n=e_n$$

sau matricial

$$|\, e \,| = |\, Z \,|\;|\, I \,|$$

în care:

e sînt tensiunile în noduri;

$\underline{Z}$ — impedanţele proprii şi de transfer ale reţelei;

$\underline{I}$ — curenţii injectaţi în noduri.

Toate mărimile sînt cantităţi complexe.

Determinarea impedanţelor $\underline{Z}_{ij}$ se face considerînd pe rînd toţi curenţii nuli, cu excepţia curentului din nodul i, căruia i se atribuie valoarea 1 şi care se consideră că se închide prin nodul de referinţă. În acest caz, în conformitate cu ecuaţiile de mai sus, tensiunile din noduri vor fi legate direct de valoarea impedanţelor:

$$\underline{Z}_{ik}\,\underline{I}_i = \underline{e}_k\,(i)$$

Matricea impedanţelor care se obţine este o matrice simetrică de ordinul $(n-1)$ dacă $\underline{n}$ este numărul nodurilor din schemă.

Prin reducerea schemei se urmăreşte înlocuirea tuturor nodurilor cu sarcină conformă (de tip $l_i\,I_i^*\,U_i$) printr-un nod echivalent cu sarcină mică (ipotetică), respectînd relaţiile:

$$\underline{I}_t = \Sigma\,\underline{I}_i$$

$$\underline{I}'_G = -\,\underline{I}_{t\ conform} + \Sigma I_j \quad \text{sarcini neconforme}$$

sau

$\underline{I}_G = -\,\underline{I}_{t\ conform}$, în care $\underline{I}_G=\underline{I}'_G-\underline{I}_j$ sarcini neconforme.

Trecerea de la un regim la altul cu trecerea $\underline{I}_t$ de la $\underline{I}_{t1}$ la $\underline{I}_{t2}$ se face după relaţiile:

$$\underline{I}_{i2}=\underline{l}_i\,\underline{I}_{t2}, \text{ în care } \underline{l}_i=\frac{\underline{I}_{i1}}{\underline{I}_{t1}}.$$

Căile de determinare a elementelor schemei echivalente, constînd din impedanţele proprii şi de transfer în noua schemă cu nod unic, sînt două:

a) *Calea transformărilor lui Kron* (folosind calculul matricial).

b) *Calea directă*, analogă celei descrise mai sus, pentru determinarea impedanţelor de calcul, cu deosebirea că de astă dată se va considera injecţia de curent pe rînd în fiecare din nodurile neconforme şi ieşirea acestuia prin nodul de sarcină unică.

a) *Calea transformărilor lui Kron* constă în folosirea de matrice de „transformare" a curenţilor din schema iniţială (curenţii vechi) în curenţii din schema cu sarcină unică. Deci relaţiile fundamentale vor fi scrise matricial şi în cantităţi complexe:

$$|\, I_{vechi} \,| = |\, C \,|\;|\, \underline{I}_{nou} \,|,$$

$$e_{nou} = |\, C_t^* \,|\;|\, e_{vechi} \,|$$

iar noua matrice a impedanţelor va fi

$$|\, Z_{nou} \,| = |\, C_t^* \,|\;|\, Z_{vechi} \,|\;|\, C \,|$$

Se constată deci că obţinerea schemei echivalente comportă, după cunoaşterea matricei impedanţelor pentru schema completă, determinată pentru scrierea în raport cu un nod de referinţă oarecare $|\, Z_{initial} \,|$, efectuarea următoarelor înmulţiri de matrice:

$$|\, Z \,| = |\, C_{t2}^* \,|\,\underbrace{C_{t1}^* \,|\;|Z_{initial}|\;|\, C_1}\,|\, C_2 \,|,$$

matricea impedanţă menţinînd nodul de referinţă.

Matricea $|\, Z \,|$ astfel obţinută corespunde schemei echivalente Kron-Kirchmayer, cu sarcină unică (referinţa 3).

Calea arătată mai sus nu a fost utilizată curent în ISPE, avînd în vedere că operaţiile cu matrice de ordin mare (50—60) în complex necesită calculatoare mari, de performanţe superioare calculatoarelor CIFA existente.

Programul nu este specific sectorului energetic, fiind un program obişnuit de înmulţiri de matrice. Astfel de programe se găsesc întocmite la centrul de calcul IFA.

b) *Calea directă* se bazează pe interpretarea formulelor arătate.

Dezvoltarea relaţiei matriciale:

$$e_{nou} = C_t^*\; e_{vechi}$$

ne dă pentru tensiunea în nodul cu sarcina echivalentă în schema finală:

$$e_l = l_j^*\; e_{lj}$$

în care

e_{lj} reprezintă tensiunile în nodurile j cu sarcină conformă ;

l_j — coeficientul de proporţionalitate al curentului din nodul j cu curentul total de sarcină.

În această situaţie, impedanţele schemei se pot determina simplu procedînd astfel :

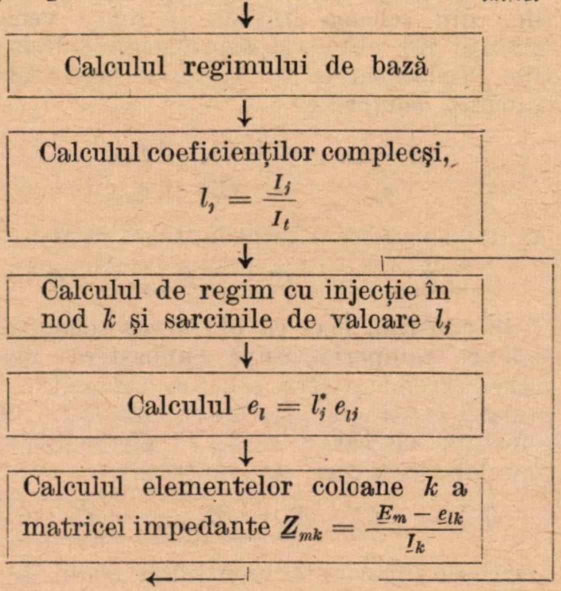
Se injectează în nodul k neconform un curent $\underline{I}_k = -\underline{I}_t = 1$.

În celelalte noduri neconforme, curenţii de injecţie sînt nuli. În nodurile cu sarcini conforme, sarcina va fi $\underline{I}_j = l_j \underline{I}_t = \underline{l}_j$.

Se calculează pe schema completă distribuţia de tensiune şi se obţine :

$$\underline{Z}_{mk} = \frac{\underline{E}_m - \underline{e}_{lk}}{\underline{I}_k}.$$

Deci programul de calcul are următorul mers logic, după introducerea datelor matricei $Z_{initial}$:



Calculul regimului de bază

Calculul coeficienţilor complecşi, $l_j = \frac{\underline{I}_j}{I_t}$

Calculul de regim cu injecţie în nod k şi sarcinile de valoare l_j

Calculul $e_l = l_j^* e_{lj}$

Calculul elementelor coloane k a matricei impedante $\underline{Z}_{mk} = \frac{\underline{E}_m - \underline{e}_{lk}}{\underline{I}_k}$

Se obţin astfel prin ciclare (trecerea injecţiei prin toate nodurile neconforme) toate coloanele matricei de impedanţe în schema echivalentă Kron-Kirchmayer.

Se obţine schema din figura 3 *E*.

V. Schema logică a programului de reducere a schemei prin metoda Hockman-Toalston-Harker

Ecuaţiile de funcţionare a sistemului se scriu întocmai ca pentru reducerea schemei după metoda Kron :

$$| e | = | Z \| i |,$$

diferenţa apărînd numai în modul de considerare a sarcinii, care de astă dată are o lege de variaţie de forma $\frac{U_j^2}{Z_j^*}$.

Determinarea schemei echivalente comportă :

— determinarea impedanţelor de sarcină ;

— determinarea impedanţei echivalente de sarcină $\underline{Z}_e$ de legătură între nodul de aplicare a sarcinii echivalente şi pămînt ;

— determinarea matricei impedanţelor de legătură între nodurile cu sarcină neconformă şi faţă de nodul de aplicare a sarcinii unice.

Regimul iniţial fiind calculat, se determină curenţii din linii şi injecţiile de curenţi din nodurile cu sarcini neconforme ; suma curenţilor din nodurile cu sarcini neconforme reprezintă curentul total de sarcină conformă.

Impedanţele de sarcină pentru fiecare nod vor fi :

$$\underline{Z}_{j0} = \frac{\underline{U}_j}{\underline{I}_j}.$$

unde

$\underline{U}_j$ este tensiunea barei j, determinată prin calcul ;

$\underline{I}_j$ — curentul consumat în nod (ca suma curenţilor de pe linii).

Impedanţa echivalentă este :

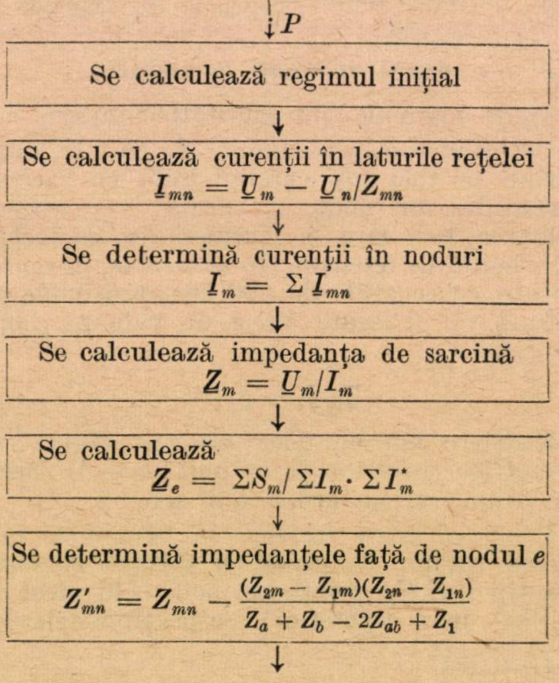
$$\underline{Z}_e = \frac{\underline{S}_j}{\underline{I}_j \underline{I}_j^*}$$

în care $\underline{S}_j$ este puterea sarcinii conforme din nodul j.

Se trece la schema finală, determinînd impedanţele de legătură prin metoda substituţiei.

De menţionat că nodul de referinţă iniţial se deplasează în nodul de aplicare a sarcinii unice.

Deci programul de calcul are următorul mers logic (după introducerea datelor matricei $Z_{initial}$) :



Se calculează regimul iniţial

Se calculează curenţii în laturile reţelei $\underline{I}_{mn} = \underline{U}_m - \underline{U}_n / Z_{mn}$

Se determină curenţii în noduri $\underline{I}_m = \Sigma \underline{I}_{mn}$

Se calculează impedanţa de sarcină $\underline{Z}_m = \underline{U}_m / I_m$

Se calculează $\underline{Z}_e = \Sigma S_m / \Sigma I_m \cdot \Sigma I_m^*$

Se determină impedanţele faţă de nodul e $Z'_{mn} = Z_{mn} - \frac{(Z_{2m} - Z_{1m})(Z_{2n} - Z_{1n})}{Z_a + Z_b - 2Z_{ab} + Z_1}$

Rezultă final schema din figura 3 *F*, în care se poate observa că :

a) Schema este echivalentă cu întreg sistemul analizat pentru regimul considerat, fiind rigid determinată de injecțiile din nodurile generatoare și de impedanța echivalentă a sarcinii.

b) Matricea $| Z |$ se putea obține și prin deplasarea punctului de referință în nodul de sarcină și inversarea matricei Y astfel determinată.

c) Schema obținută, fiind o schemă de impedanțe, cuprinde și legăturile mutuale dintre noduri (termenii $\underline{Z}_{ij}$) care fizic sînt total diferite de termenii $\underline{Y}_{ij}$ din schema echivalentă cu admitanțe (de tip REI) și nu pot fi obținute una prin inversarea celeilalte.

Bibliografie

[1] Marcovici, I. M. *Sisteme energetice.* Editura tehnică, 1960, p. 281–283.

[2] Dimo, P. *Conceptele și procedeele „analizei nodale" asociată calculatorului numeric.* Studii și cercetări de energetică, Seria A, Tomul XIII, 1963, nr. 3.

[3] Dimo, P. *Soluția problemei pierderilor în rețelele electrice cu ajutorul echivalentului REI al „analizei nodale", asociat unui calculator numeric.* Studii și cercetări de energetică, Seria A, Tomul XIII, 1963, nr. 4, 523–542.

[4] Kirchmayer, L. K. *Economic operation of power systems.* Vol. I, 1958, p. 48–81.

[5] Hockman, Toalston, Harker. *Loss formula determination by a new method which locates the equivalent system load point.* Power Apparatus and Systems, febr. 1961, p. 1090–1095.

Considerarea noțiunilor „tensiunii de referință" și „nodului sau punctului de balansare" în calculele regimurilor rețelelor sistemelor electrice

Ing. **N. Chirculescu**

Un anumit regim de funcționare a rețelei este caracterizat prin mărimi determinate ale tensiunilor, curenților, puterilor active și reactive.

În general sînt cunoscute mărimile nodale sub forma puterilor active și reactive consumate sau produse și se cere determinarea mărimii tensiunilor nodale, circulațiilor de puteri sau repartiției de curenți în ramurile rețelei.

În problemele de repartiție optimă a sarcinilor, la șirul mărimilor ce se cer să fie determinate se adaugă puterile active și reactive ale centralelor care participă la procesul de optimizare.

Determinarea mărimilor enumerate mai sus cuprinde două etape distincte:

1. Exprimarea matematică a fenomenului fizic, în cazul de față prin utilizarea legilor fundamentale ale electrotehnicii și a ecuațiilor de stare pentru problemele pur tehnice, la care în cazul cercetării repartiției economice a sarcinilor se adaugă criteriile economice.

Rezultatul primei etape este, așadar, punerea problemei în ecuații scrise în raport cu necunoscutele.

2. Rezolvarea ecuației sau a sistemului de ecuații rezultate în prima etapă, care reprezintă o problemă de tehnică sau metodă de calcul. Rezultatul acestei etape este calculul numeric al mărimilor căutate.

În legătură cu aplicarea concretă — în cadrul primei etape — a legilor electrotehnicii și a ecuațiilor de stare la studiul rețelelor complexe în literatura de specialitate sînt utilizate noțiuni ca:

— *tensiunea de referință* — „noeud de reference" în literatura tehnică franceză — asociată nodului de referință — „referance bus" în literatura americană;

— *tensiunea de bază* — „bazisnoe napriajenie" — asociată nodului sau punctului de bază — „bazisnaia tocika" în literatura sovietică;

— *nod* sau *punct de balansare*;

— *centrală de balansare*.

După părerea autorului, utilizarea acestor noțiuni se face fără respectarea unei accepțiuni clare și unanime, ceea ce poate conduce în unele cazuri la confuzii în înțelegerea semnificației fizice a utilizării lor și în consecință la greșeli în calculele practice.

De multe ori confuziile care au loc se datoresc aplicării formale a aparatului matematic unor ecuații corecte din punct de vedere al teoriei rețelelor, dar desprinse de condițiile fizice în care au fost deduse.

În acest sens este cazul să anticipăm că noțiunea de „nod de balansare" în rezolvarea problemelor de repartiție optimă a sarcinilor între centrale, aplicată fără a considera condițiile fizice de funcționare a sistemului, poate conduce la absurdități teoretice și erori grosolane de calcule.

Semnificația noțiunilor enumerate mai sus va apărea mai clară în legătură cu exprimarea legilor fundamentale ale electrotehnicii și a ecuațiilor de stare ale rețelelor pentru diferite categorii de calcule.

Notații

Se consideră un sistem energetic constituit din $N + 1$ noduri ($i = 0,1 \ldots N$), în care:

$\dot{I}_i ; \dot{U}_i : \dot{S}_i = P_i + j Q_i$ sînt curentul, tensiunea și respectiv puterea aparentă nodală în nodul i;

$\Delta \dot{S} = \pi + jq$ — pierderile totale pe sistem.

1. Nod de balansare al curenților

Legea I-a a lui Kirchoff, aplicată unei rețele cu $N+1$ noduri (fig. 1), conduce la scrierea următoarelor expresii ale curenților nodali în funcție de tensiunile nodale:

$$\dot{I}_i = \sum_{j=0}^{N} (\dot{U}_i - \dot{U}_j)\, \dot{Y}_{ij} \qquad (1)$$

sau

$$\dot{I}_i = \dot{U}_i \sum_{j=0}^{N} \dot{Y}_{ij} - \sum_{j=0}^{N} \dot{U}_j \cdot \dot{Y}_{ij}, \qquad (1')$$

unde

$\dot{U}_i$ sînt tensiunile nodale;
$\dot{Y}_{ij}$ — admitanțele ramurilor rețelei.

Dacă toate tensiunile sînt cunoscute, curenții în noduri pot fi determinați scriind pentru fiecare din cele $N+1$ noduri o ecuație de tipul (1), care este o ecuație explicită în raport cu curenții nodali.

Trebuie remarcat însă că numai N din cele $(N+1)$ ecuații care se pot scrie sînt independente, întrucît dacă se determină N curenți, cu ajutorul relațiilor (1) al $(N+1)$-lea curent — fie acesta $\dot{I}_0$ (fig. 1) — poate fi determinat prin aplicarea legii I-a a lui Kirchoff întregii rețele:

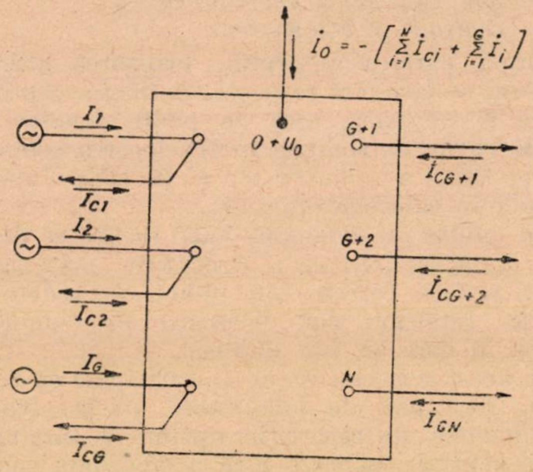


Fig. 1.

$$\dot{I}_0 + \sum_{j=1}^{N} \dot{I}_j = 0 \qquad (2)$$

sau

$$\dot{I}_0 = -\sum_{j=0}^{N} \dot{I}_j. \qquad (2')$$

Acest nod al rețelei, arbitrar ales, în care curentul se determină în funcție de ceilalți curenți prin ecuația de balans (2′) sau (2), constituie ceea ce se numește „nodul de balansare" al curenților.

2. Tensiunea de referință

Determinarea tensiunilor nodale atunci cînd sînt cunoscuți curenții nodali reprezintă o problemă mai dificilă. Așa cum s-a arătat, fiecare curent nodal se determină în mod explicit în funcție de tensiunea nodului respectiv și tensiunile nodurilor adiacente, în timp ce tensiunile nodale sînt exprimate implicit în funcție de curenții nodali [vezi ecuațiile (1) și (1′)].

Determinarea tensiunilor nodale exprimate implicit în funcție de curenții nodali necesită rezolvarea sistemului de ecuații de tipul (1).

Așa cum s-a mai arătat, numărul ecuațiilor independente în raport cu tensiunile este N pentru o rețea cu $N+1$ noduri, în timp ce numărul tensiunilor care urmează să fie determinat este $N+1$ $(i = 0, 1, \ldots, N)$.

Singura cale pentru a face solubilă problema determinării tensiunilor este ca una din tensiunile nodale să fie considerată cunoscută, în care caz numărul necunoscutelor devine egal cu N, adică egal cu numărul ecuațiilor independente.

Această valoare a tensiunii care se consideră dată a problemei, în comparație cu care se determină toate celelalte tensiuni, se numește „tensiune de referință", iar nodul respectiv „nodul tensiunii de referință".

Atîta timp cît ne interesează numai valorile curenților, tensiunii nodului de referință i se poate atribui orice valoare, inclusiv $\dot{U}_0 = 0$, întrucît valoarea curenților nu depinde de valoarea absolută*) a tensiunilor nodale, ci de diferența de potențial între noduri [vezi ecuația (1)]. În funcție de valoarea atribuită tensiunii nodului de referință se schimbă tensiunile tuturor celorlalte noduri, astfel ca $\dot{U}_i - \dot{U}_0 =$ $=$ const.

Întrucît punctul de referință al tuturor tensiunilor este pămîntul, dacă nodului de referință i se atribuie valoarea $U_0 = 0$, se face implicit ipoteza $\dot{U}_{păm.} = -\dot{U}_0$.

Rezumînd cele expuse, rezultă că pentru calculele în care datele sînt curenții nodali, iar necunoscutele — tensiunile nodale sau invers, nodul tensiunii de referință și nodul de balansare a curenților pot fi alese în mod cu totul arbitrar în orice nod al sistemului, ele putînd să ocupe poziții diferite sau să coincidă.

3. Tensiunea de referință și nodul de balansare în diferite calcule practice de regimuri ale rețelei

Nodul de balansare al puterilor

După cum este cunoscut, în calculele practice se cunosc nu curenții sau tensiunile nodale, ci puterile active și reactive produse sau consumate. În calculele de optimizare, datele problemei sînt numai puterile nodale consumate, puterile produse de centrale fiind de asemenea necunoscute.

---

*) tensiunile de exploatare reale în raport cu pămîntul.

În această situaţie este necesar să scriem ecuaţiile de stare ale reţelei, care să exprime puterile nodale în funcţie de celelalte mărimi nodale (curenţi sau tensiuni).

Pentru expunerea de faţă s-a considerat că exprimarea ecuaţiilor de stare prin intermediul impedanţelor proprii şi mutuale ale reţelei va însoţi explicaţiile în modul cel mai sugestiv.

3.1. *Exprimarea ecuaţiilor de stare prin intermediul impedanţelor proprii şi mutuale ale reţelei*

De la început se observă că, dacă se doreşte exprimarea puterilor nodale, tensiunile nodale trebuie înlocuite în calcule cu valorile lor reale în condiţii de exploatare, adică cu tensiunea la care este furnizat curentul I_i.

Dacă ne imaginăm un regim de funcţionare a sistemului ca o suprapunere a regimurilor parţial create de circulaţia separată în reţea a curenţilor nodali I_i, tensiunea într-un nod oarecare i al reţelei se poate exprima în funcţie de curenţii nodali şi tensiunea de referinţă în felul următor:

$$\dot U_i = \dot U_0 + \Delta U_i \tag{3}$$

$$\dot U_i = \dot U_0 + \sum_{j=1}^{N} \dot Z_{ij} \dot I_j \tag{3'}$$

unde

$$\Delta \dot U_i = \sum_{j=1}^{N} \dot Z_{ij} \cdot \dot I_j$$

$\dot I_j$ este curentul de injecţie al nodului j;

$\dot Z_{ij}$ – impedanţa mutuală între nodurile j şi i;

$\dot Z_{ii}$ – impedanţa proprie a nodului i.

Determinarea impedanţelor $\dot Z_{ij}$ se poate efectua experimental pe modelul de reţea [1] sau analitic [2].

Pe modelul de reţea (fig. 2) se deconectează toate sursele şi sarcinile. Cu o sursă de curent se reglează în nodul i un curent unitar $(1 + j_0)$, care se închide printr-un nod arbitrar ales mereu acelaşi (pentru toate determinările).

Simultan se măsoară tensiunea care apare în nodul i în raport cu nodul de referinţă „0" unde se consideră $\dot U_0 = 0$.

$$\dot Z_{ij} = \frac{\Delta \dot U_i}{\dot I_j} = \frac{\Delta \dot U_i}{1 + j_0}.$$

Impedanţa $\dot Z_{ij}$ exprimă, aşadar, căderea de tensiune între nodul i şi nodul de referinţă „0", cînd între nodul j şi nodul de referinţă circulă un curent unitar $1 + j_0$.

Analitic aceste impedanţe se determină în felul următor:

Considerînd $\dot U_0 = 0$, pentru fiecare nod K se poate scrie un sistem de N ecuaţii:

$$\dot U_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} \dot Y_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} \dot U_j \cdot \dot Y_{ij} = 0 \text{ pentru } K \neq i \tag{1—4}$$

şi

$$U_1 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} \dot Y_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} \dot U_j \cdot \dot Y_{ij} = 1 + j_0 \text{ pentru } K = i,$$

în care necunoscute sînt $\dot U_i$.

Dacă $\dot Z_{ij}$ reprezintă căderea de tensiune între nodul i şi nodul de referinţă „0", la trecerea unui curent unitar între nodul j şi acelaşi nod de referinţă „0", atunci termenul $\dot Z_{ij}\, \dot I_j$ exprimă căderea de tensiune între aceleaşi puncte la apariţia în nodul j a curentului $\dot I_j$ (cînd ceilalţi curenţi nodali sînt zero).

Este evident că suma $\sum_{i=1}^{N} \dot Z_{ij} \cdot \dot I_j$ reprezintă căderea totală de tensiune între nodul i şi nodul de referinţă cînd în toate nodurile sînt injectaţi simultan curenţii I_j.

Suprapunerea celor N regimuri parţiale obţinute în reţea, corespunzătoare injectării succesive în fiecare nod j a unui curent $\dot I_j$ (ceilalţi curenţi nodali fiind toţi zero), determină în nodul tensiunii de referinţă „0" un curent total, care se determină printr-o ecuaţie de balans $\dot I_0 = - \sum_{j=1}^{N} \dot I_1$.

Din cele arătate rezultă că în cazul exprimării tensiunilor nodale în funcţie de curenţii nodali şi tensiunea de referinţă prin intermediul impedanţelor proprii şi mutuale, nodul tensiunii de referinţă U_i coincide cu punctul de balansare al curenţilor.

Matricea coeficienţilor $\dot Z_{ij}$ odată determinată, valorile respective sînt valabile numai pentru calculele în care se admite, în calitate de nod al tensiunii de referinţă şi nod de balansare a curenţilor, acelaşi punct pentru care s-au făcut determinările impedanţelor $\dot Z_{ij}$.

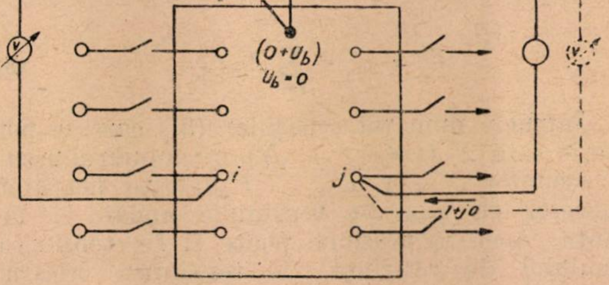


Fig. 2.

Schimbarea nodului tensiunii de referință „0” atrage după sine necesitatea determinării unei noi matrice a coeficienților $\dot{Z}_{ij}$.

Ținînd seamă de cele arătate, expresia puterii nodale în funcție de tensiunea de referință și curenții nodali devine :

$$\dot{S}_i = \dot{U}_i \cdot \hat{I}_i = \dot{U}_0 \hat{I}_i + \Delta\dot{U}_1 \hat{I}_i = \dot{U}_0 \hat{I}_i + + \hat{I}_i \sum_{j=1}^{N} \dot{Z}_{ij} \cdot \dot{I}_j, \tag{5}$$

iar pentru nodul tensiunii de referință, care este și nodul de balansare al curenților

$$\dot{S}_0 = \dot{U}_0 \hat{I}_0 = - \dot{U}_0 \sum_{i=1}^{N} \hat{I}_i . \tag{6}$$

Din (5) și (6) rezultă

$$\sum_{i=0}^{N} \dot{S}_i = \Delta\dot{S} = \sum_{i=1}^{N} \hat{I}_i \, \Delta\dot{U}_i = \sum_{i=1}^{N} (\Delta\dot{S}_i) \tag{7}$$

sau

$$\sum_{i=0}^{N} \dot{S}_i = \Delta\dot{S} = \sum_{i=1}^{N} \hat{I}_i \sum_{j=1}^{N} \dot{Z}_{ij} \dot{I}_j = = \sum_{i=1}^{N} \cdot \sum_{j=1}^{N} \hat{I}_i \dot{Z}_{ij} \dot{I}_i , \tag{8}$$

unde $\Delta\dot{S}$ reprezintă pierderile totale de putere și $i = 1, \ldots, N$.

3.2. *Tensiunea de referință și nodul de balansare în calculul tensiunilor nodale*

Dacă datele problemei ar fi valorile curenților nodali, problema determinării regimului stabilizat al rețelei ar fi simplă. În acest caz, dacă sînt cunoscuți curenții în oricare combinație de N noduri, curentul în al $(N + 1)$-lea nod ar rezulta dintr-o ecuație de balans pe rețea :

$$\dot{I}_0 + \sum_{i=1}^{N} \dot{I}_i = 0. \tag{2}$$

Pentru determinarea tensiunilor nodale se utilizează relații de tipul următor :

$$\dot{U}_i = U_0 + \sum_{j=1}^{N} \dot{Z}_{ij} \cdot \dot{I}_j . \tag{3}$$

Întrucît numărul ecuațiilor (3′) care se pot scrie este N $(i = 1, \ldots, N)$, iar numărul necunoscutelor $N + 1$ $(\dot{U}_0, \ldots, \dot{U}_N)$, este neapărat necesar ca una din tensiunile nodale să fie dată. Această tensiune poate fi fie tensiunea nodului de referință, fie tensiunea oricărui alt nod.

Într-adevăr, dacă se consideră cunoscută tensiunea nodului K, cu ajutorul relației (3′) se determină U_0, după care se poate determina nivelul de tensiune în orice nod al sistemului.

În general însă, în practica calculelor de exploatare sau proiectare nu sînt cunoscuți curenții consumatorilor și centralelor, ci puterile lor active și reactive.

Ecuațiile de legătură între puterile și tensiunile nodale se obțin din expresiile (5) : pentru $i = 1, \ldots, N$

$$S_i = \dot{U}_0 \frac{\dot{S}_i}{\dot{U}_i} + \sum_{j=1}^{N} \dot{Z}_{ij} \frac{\dot{S}_i}{\dot{U}_i} \cdot \frac{\hat{S}_j}{\hat{U}_j} \quad N \text{ ecuații} \tag{9}$$

iar pentru $i = 0$

$$S_0 = - \dot{U}_0 \sum_{i=1}^{N} \frac{\dot{S}_i}{\dot{U}_i} \qquad 1 \text{ ecuație} \tag{10}$$

Ecuațiile (9) și (10) sînt neliniare în raport cu puterile și tensiunile și nu se pot rezolva decît prin metode iterative. Din punct de vedere matematic, dacă toate puterile nodale ar fi cunoscute, ecuațiile (9) și (10), care alcătuiesc un sistem de $(N + 1)$ ecuații cu $(N + 1)$ necunoscute, permit determinarea necunoscutelor, în cazul de față $\dot{U}_0, \dot{U}_1, \ldots, \dot{U}_N$.

Practic însă, problema se pune puțin diferit.

La începutul calculului nu putem cunoaște toate puterile nodale.

Într-adevăr, condițiile reale în care se desfășoară calculul sînt următoarele :

În sistemul energetic trebuie să aibă loc în orice moment ecuația de balans :

$$\sum_{i=1}^{G} \dot{S}_{pi} + \sum_{i=0}^{N} S_{ci} + \Delta\dot{S} = 0, \tag{11}$$

unde

$\sum_{i=1}^{G} \dot{S}_{pi} = \sum (P_{pi} + jQ_{pi})$ este suma puterilor aparente produse în cele G centrale ale sistemului;

$\sum_{i=0}^{N} \dot{S}_{ci} = \sum_{i=0}^{N} (P_{ci} + jQ_{ci})$ – suma puterilor aparente consumate pe sistem;

$\Delta\dot{S} = \pi + jq$ – pierderile totale de putere în rețea.

Rezultă că nu putem considera ca date ale problemei toate puterile active și reactive produse astfel ca să aibă loc identitatea (9), deoarece nu putem predetermina exact mărimea pierderilor $\Delta\dot{S}$.

Existența unui termen necunoscut (ΔS) în ecuația de balans (11) se traduce matematic în detașarea din membrul (1) al ecuației a unei sarcini necunoscute pentru una din centrale — fie aceasta b — care urmează să fie determinată în cursul calculului iterativ :

$$\dot{S}_b + \sum_{\substack{i=1\\ i\neq b}}^{G} \dot{S}_{pi} + \sum_{i=0}^{N} S_{ci} + \Delta\dot{S} = 0. \qquad (11')$$

Acest nod al reţelei în care sarcinile active şi reactive ale centralei se determină astfel ca la sfîrşitul procesului iterativ să fie îndeplinită condiţia de balans a puterilor (11) reprezintă „nodul de balansare al puterilor", iar centrala respectivă „centrală de balansare".

Prin urmare, în realitate numărul necunoscutelor complexe nu este $N+1$, ci $N+2$ ($\dot{U}_0$, $\dot{U}_1, \ldots, \dot{U}_N$, $\dot{S}_b$), iar numărul ecuaţiilor $N+1$. Pentru a face problema solubilă, se consideră cunoscută una din tensiunile nodale, de obicei tensiunea nodului de referinţă U_0.

În concluzie rezultă că, fiind date puterile în N_{noduri} şi tensiunea nodului de referinţă „U_0" în al $(N+1)$-lea nod, care reprezintă „nodul de balansare al puterilor", se obţin mărimi determinate.

În principiu pot fi alese noduri de balansare separat pentru puterile active şi reactive.

Aşa cum rezultă din cele arătate, „nodul de balansare al puterilor" definit pentru acest gen de calcule poate fi arbitrar ales.

4. Nodul tensiunii de referinţă şi nodul de balansare al puterilor în exprimarea pierderilor de putere şi al creşterilor diferenţiale ale puterilor

Reluăm formula pierderilor totale de putere aparentă :

$$\Delta\dot{S} = \sum_{i=1}^{N} \hat{I}_i \Delta\dot{U}_i = \sum_{i=1}^{N} (\Delta\dot{S}_i). \qquad (12)$$

Această formulă exprimă pierderile de putere totale ale reţelei ca o sumă de produse ale curenţilor nodali conjugaţi prin căderile corespunzătoare de tensiune între nodurile reţelei şi nodul tensiunii de referinţă.

Întrucît căderea de tensiune este exprimată prin intermediul impedanţelor proprii şi mutuale ale reţelei, care sînt determinate în raport cu nodul tensiunii de referinţă, şi pierderile de putere sînt exprimate în raport cu acest nod al tensiunii de referinţă.

Dacă în expresia pierderilor înlocuim curenţii prin expresii corespunzătoare, în funcţie de puteri şi tensiuni, se obţine

$$\Delta\dot{S} = \pi + jq = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} \frac{\hat{S}_i \cdot \dot{S}_j}{\hat{U}_i \cdot \dot{U}_j} \dot{Z}_{ij}. \qquad (13)$$

În consecinţă, cu observaţia că în expresia pierderilor puterea nodului de referinţă ($\dot{S}_0$) nu intră, se poate scrie :

$$\Delta\dot{S} = \pi + jq = f(\dot{S}_1, \ldots, \dot{S}_N, \dot{U}_0, \dot{U}_1, \ldots, U_N). \qquad (14)$$

Pentru o serie de valori date ale puterilor nodale $\dot{S}_0$, $\dot{S}_1, \ldots, \dot{S}_N$, dacă tensiunea $\dot{U}_0$ este fixată, regimul corespunzător de funcţionare a sistemului va fi caracterizat de o serie de valori $U_1^{(0)} \ldots U_N^{(0)}$.

În consecinţă rezultă că la schimbarea nodului tensiunii de referinţă din „0" în i, pentru aceeaşi serie de valori $\dot{S}_0 \ldots \dot{S}_N$, modificarea matricei impedanţelor $\dot{Z}_{ii}$ şi $\dot{Z}_{ij}$ are loc în aşa fel încît se obţine aceeaşi valoare a pierderilor, întrucît valoarea pierderilor nu depinde de alegerea punctului tensiunii de referinţă, ci numai se exprimă diferit în raport cu el prin matricea impedanţelor.

Pentru ca pierderile să rămînă constante în valoare la schimbarea nodului tensiunii de referinţă, este *necesar ca noua tensiune de referinţă U_i să aibă valoarea care ar fi rezultat pentru acest nod dacă s-ar fi menţinut nodul de referinţă „0", adică $U_i = U_i\,(0)$.*

Dacă tensiunea nouă de referinţă $U_i \neq U_i^{(0)}$, se va obţine pentru pierderi o valoare diferită.

În realitate, atunci cînd întocmim calculele de pierderi nu dispunem de repartiţia tensiunilor în sistem, ci în mod arbitrar ne alegem nodul tensiunii de referinţă şi îi atribuim tot arbitrar, călăuzindu-ne bineînţeles de anumite consideraţii, un anumit nivel de tensiune U_0. *Este clar că dacă reluăm calculele pentru un alt nod al tensiunii de referinţă i, pentru care admitem $U_i \neq U_0$, pierderile de putere vor fi teoretic diferite de prima variantă.*

Calculele de repartiţie optimă a puterilor între centrale se bazează pe rezolvarea ecuaţiilor de optimizare în componenţa cărora intră expresii de tipul :

$$\frac{\partial\pi}{\partial P_j}\ \frac{\partial q}{\partial P_j}\ \frac{\partial\pi}{\partial Q_j}\ \text{şi}\ \frac{\partial q}{\partial Q_j}.$$

Fiecare termen de mai sus reprezintă variaţia diferenţială a pierderilor în sistem sau variaţia de pierderi în sistem produsă de variaţia de putere activă sau reactivă la centrala j, puterile active şi reactive ale celeilalte centrale din sistem şi a puterii reactive, respectiv active, a centralei j fiind menţinute constante.

Pentru a fixa raţionamentul, luăm în consideraţie una din expresiile de mai sus, de exemplu $\frac{\partial\pi}{\partial P_j}$ şi presupunem că studiem repartiţia optimă a puterilor active între G termocentrale ale unui sistem conţinînd $N+1$ noduri.

Variabilele independente sînt în acest caz puterile active $P_1 \ldots P_G$ ale centralelor.

Condiţia repartiţiei optime a puterilor reactive devine în acest caz, conform [2], următoarea :

$$\mu = \frac{\varepsilon_j}{1 - \frac{\partial\pi}{\partial P_j}}. \qquad (15)$$

Din punct de vedere matematic, expresia $\frac{\partial \pi}{\partial P_j}$ reprezintă derivata parţială a expresiei pierderilor totale în reţea în raport cu puterea activă a centralei j. Pentru raţionamentele noastre, această definiţie nu este suficientă. *Aplicarea corectă a regulii de diferenţiere necesită luarea în considerare a semnificaţiei fizice a acestor expresii, a cărei ignorare poate conduce la erori grosolane.*

Să presupunem că la centrala j puterea activă creşte cu ΔP_j.

Balansul de putere activă pe sistem înainte de variaţia puterii la centrala j poate fi exprimat astfel:

$$\sum_{i=1}^{G} P_i - \sum_{i=0}^{N} P_{ci} - \pi = 0, \tag{16}$$

unde

$\sum_{i=1}^{G} P_i$ este suma puterilor active generate pe sistem;

$\sum_{i=0}^{N} P_{ci}$ — consumul total de putere activă.

Dar dacă în sistem apare un surplus de putere generată, este neapărat necesar ca într-un alt punct al sistemului să apară un consumator care să preia puterea excedentară din sistem apărută prin variaţia puterii active la centrala i, întrucît numai cu această condiţie regimul puterilor va fi balansat.

Este evident că consumul în punctul ales nu se va schimba tot cu ΔP_j, întrucît transportul prin reţeaua sistemului al acestei puteri are loc cu modificarea pierderilor în sistem cu $\Delta \pi$.

Acest punct în care se consideră că are loc o creştere a consumului datorită variaţiei de putere la centrala j trebuie să îndeplinească două condiţii:

a) Trebuie să fie acelaşi pentru toate centralele sistemului pentru a ne da posibilitatea comparării efectelor variaţiei puterii la orice centrală asupra pierderilor în sistem pentru o anumită creştere a consumului în acest punct.

b) Trebuie să fie astfel ales încît să ia în considerare întreaga variaţie a pierderilor în sistem, adică să coincidă cu nodul faţă de care se calculează pierderile, pentru a se putea include balansul de putere în sistem.

Condiţia (b) impune alegerea acestui punct în nodul tensiunii de referinţă, care va deveni şi nodul de balansare al puterilor.

În consecinţă, din punct de vedere fizic variaţia de putere a centralei j cu ΔP_j nu poate avea loc decît dacă în punctul de balansare (0), faţă de care se calculează pierderile, se presupune că apare un consum suplimentar ΔP_{c0j}, corespunzător variaţiei de putere activă la centrala j.

Balansul de putere activă pe sistem devine:

$$\sum_{i=1}^{G} P_i + \Delta P_j - \sum_{i=0}^{N} P_{ci} - \Delta P_{c0j} - \pi - \Delta \pi = 0. \tag{17}$$

Este evidentă relaţia:

$$\Delta P_{c0j} = P_j - \Delta \pi, \tag{18}$$

sau, ţinînd seama că $\Delta \pi = \frac{\partial \pi}{\partial P_j} \Delta P_j$:

$$\Delta P_{c0j} = \Delta P_j \left(1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_j}\right) \tag{19}$$

$$\frac{\Delta P_j}{\Delta P_{c0j}} = \frac{1}{1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_j}}. \tag{20}$$

Prin urmare, dacă în punctul de balansare apare un surplus de putere ΔP_{c0}, care urmează să fie acoperit de centrala j, atunci la centrala j variaţia de putere la centrală, P_j, trebuie să fie nu $\Delta P_j = \Delta P_{c0}$, ci:

$$\Delta P_j = \frac{\Delta P_{c0}}{1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_j}}. \tag{21}$$

Importanţa considerării condiţiilor fizice în calculul expresiilor de tipul $\frac{\partial \pi}{\partial P_j}$ apare foarte clară în cazul în care ne interesează calculul variaţiei diferenţiale a pierderilor active pentru o centrală care este racordată la nodul ales ca punct de balansare.

Aplicarea formală a regulilor diferenţierii matematice ne-ar fi condus la calculul unei expresii de tipul $\frac{\partial \pi}{\partial P_0}$, ceea ce este absurd. Într-adevăr, dacă puterea activă a centralei racordată în nodul de balansare variază cu ΔP_0, este evident că în nodul de balansare sarcina va trebui să crească cu $\Delta P_0 = \Delta P_{c0}$ şi pierderile în sistemul energetic rămîn neschimbate $\Delta \pi = 0$ (fig. 3).

Rezumînd cele expuse mai sus rezultă, în concluzie, următoarele:

1. ,,Nodul de balansare" este o denumire convenţională, care poate fi atribuită oricărui nod al reţelei în care determinarea mărimii nodale ce ne interesează rezultă dintr-o ecuaţie de balans:

a) $\dot{I}_0 + \sum_{i=1}^{N} \dot{I}_i = 0$ pentru curenţi care definesc nodul de balansare al curenţilor.

b) $\dot{S}_0 + \sum_{i=1}^{N} \dot{S}_i + \Delta \dot{S} = 0$ pentru puteri care definesc nodul de balansare al puterilor.

Valorile mărimilor nodale ce urmează a fi determinate din ecuaţia de balans nu depind de alegerea arbitrară a nodului de balansare.

2. Tensiunea de referință este acel nivel de tensiune care se consideră dată a problemei pentru a face solubilă problema determinării tensiunilor nodale cînd se cunosc curenții nodali. Față de această valoare a tensiunii de referință se exprimă toate celelalte tensiuni.

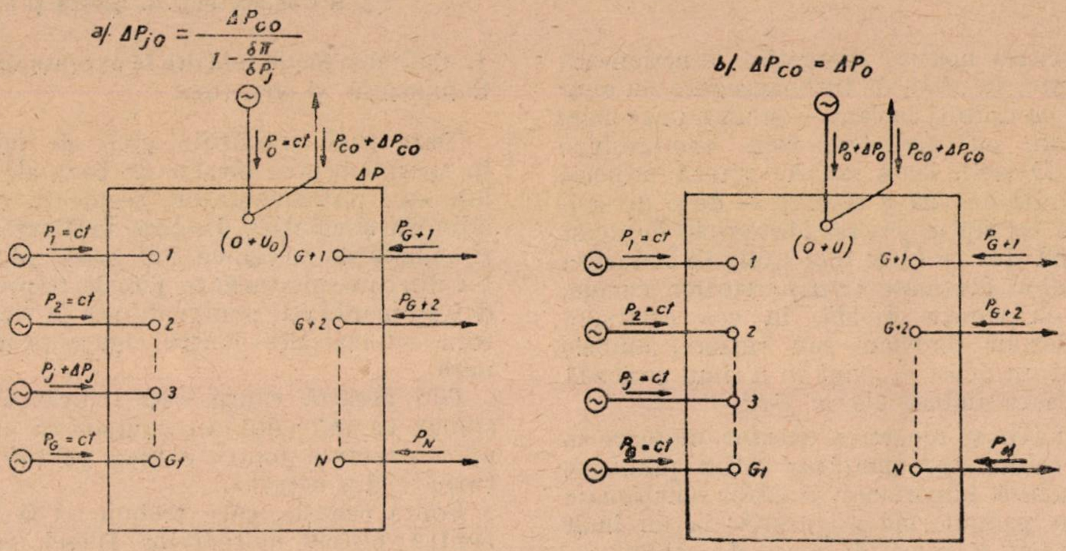


Fig. 3.

3. În problemele de determinare a curenților în funcție de tensiuni și invers, nodul de balansare al curenților și nodul tensiunii de referință pot fi alese în puncte diferite sau pot coincide.

4. Nodul tensiunii de referință și nodul de balansare a curenților pentru determinarea impedanțelor proprii și mutuale, ca și a coeficienților de repartiție a curenților nodali coincid totdeauna.

5. Expresiile cu ajutorul cărora se determină nivelele de tensiune ca și puterile nodale sînt raportate totdeauna la nodul tensiunii de referință față de care se determină constantele rețelei. Schimbarea nodului de referință atrage după sine modificarea matricei impedanțelor proprii și mutuale ale rețelei.

6. Nodul de balansare al puterilor în diferite calcule de regimuri, exceptînd cele de repartiție optimă a puterilor între centrale, poate fi oricare punct din sistem. În plus, punctul de balansare pentru puterile active poate fi diferit de punctul de balansare pentru puterile reactive.

7. Nodul de balansare al puterilor active și reactive în raport cu care se calculează pierderile și variațiile diferențiale ale pierderilor în problemele de repartiție a sarcinilor pe centrale coincide în mod obligatoriu cu nodul tensiunii de referință și nodul de balansare al curenților în raport cu care se calculează constantele rețelei.

8. În cazul schimbării punctului de referință din $U_0^{(0)}$, pentru care s-a calculat repartiția tensiunilor în celelalte noduri, $U_1^{(0)} \ldots U_i^{(0)} \ldots U_N^{(0)}$, într-un alt punct oarecare, i, valorile pierderilor în rețea și ale nivelelor tensiunilor din noduri nu se vor modifica decît dacă în noul punct de referință se alege un nivel de tensiune $U_i \neq U_i^{(0)}$. Aceasta, bineînțeles, în ipoteza că în punctul de referință inițial au fost menținute puterile găsite în regimul calculat înainte de schimbarea punctului de referință.

Bibliografie

[1] Kirchmayer, L. K. *Economic operations of power systems.* Serie General Electric (book), J. Willey and Sons, New-York, 1958.

[2] Smirnov, K. A. *Rașciot ekonomicinovo raspredeleniia aktivnîh i reaktivnîh mocinostei pri zadanîh organiceniiah rejima.* Elektricestvo, nr. 3, 1963, p. 6—9.

[3] Markovici, I. M. *Rejimî energheticeshih sistem,* ediția a 3-a. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1963.

Unele aspecte ale întreţinerii şi reparării motoarelor Diesel din centralele electrice

Ing. R Collino, ing. A. Ghitta şi ing. M. Vilan

În industria noastră energetică funcţionează actualmente, în afară de turboagregate cu abur şi gaze — ca unităţi de bază — şi un număr mare de motoare cu aprindere prin compresiune (motoare Diesel), lente sau de viteză mijlocie — ca unităţi de vîrf şi rezervă — de o diversitate mare ca tip şi putere. Motoarele de acest fel pătrund din ce în ce mai mult în industria construcţiilor destinate transporturilor navale, iar cele cu turaţie rapidă, în cea destinată întreprinderilor feroviare sau rutiere, ambele prezentînd un deosebit avînt în ultima perioadă de dezvoltare industrială a ţării.

Întreţinerea şi repararea acestor motoare la un nivel tehnic corespunzător ridică probleme de o deosebită importanţă, a căror soluţionare implică în primul rînd asigurarea la un înalt nivel calitativ a gamei de piese de schimb — gamă caracterizată, pe de o parte, printr-o mare diversitate corespunzătoare tipurilor de motoare existente, iar pe de altă parte printr-un volum mai mare de piese, datorită ciclului lor de funcţionare relativ mai redus la motoarele menţionate.

În cadrul articolului — legat numai de motoarele staţionare lente şi de viteză mijlocie, folosite mai ales în industria energetică — se vor arăta unele aspecte ale fabricaţiei pieselor de schimb, deosebit de actuale pentru realizarea unei întreţineri şi reparaţii corespunzătoare necesităţilor energetice de astăzi. Materialul prezentat are la bază datele şi experienţa acumulată de întreprinderea „Energo-reparaţii", creată puţin după adoptarea planului de 10 ani de electrificare a ţării, tocmai în scopul de a asigura aprovizionarea promptă cu piesele de schimb necesare maşinilor energetice, respectiv de a se realiza reparaţiile energetice cu specialişti romîni. Trebuie menţionat că şi în trecut s-au executat piese de schimb în special pentru motoare Diesel, fără ca aceasta să constituie o preocupare continuă — lucru, de altfel, nerealizabil în condiţiile unei industrii capitaliste — realizările limitîndu-se numai la execuţia sporadică de piese constructiv simple, care urmau să asigure funcţionarea motorului pînă la sosirea din import a pieselor de rezervă comandate.

De la început trebuie arătat că piesele de schimb cu ponderea cea mai mare, reprezentînd 95% din necesităţile motoarelor Diesel, sînt confecţionate din fontă cenuşie. În cursul fabricării pieselor de schimb de către întreprinderea „Energo-reparaţii", cele mai multe probleme au apărut la confecţionarea acestei categorii de piese.

1. Calitatea fontei folosite la executarea pieselor. Compoziţia şi structura

Date fiind condiţiile grele de funcţionare, în special pentru piesele de bază ale motoarelor, ca : pistoane-motor, segmenţi, cămăşi de cilindru şi chiulase, la care încărcarea termică şi solicitările mecanice sînt mari, calitatea fontei din care sînt turnate piesele respective, este determinantă atît pentru durata de viaţă a acestora, cît mai ales pentru siguranţa în funcţionare.

Din această cauză este indicat să se arate sumar ce influenţă au compoziţia chimică şi microstructura fontei asupra calităţii pieselor turnate din aceasta.

Fonta cenuşie, care trebuie să fie realizată pentru piesele motoarelor Diesel, este fonta de tip perlitic (amestec mecanic constituit din lamele alternate de ferită şi cementită). Conţinutul total de carbon al acestei fonte este de circa 2,3% pînă la 3,8%, din care 1,5% — 3% sub formă de grafit liber, iar restul în jur de 0,8% sub formă de carbon legat (Fe_3C). Depăşirea conţinutului de carbon legat, de 1%, duce la apariţia în structură a unei cantităţi de cementită liberă (component cu duritate foarte mare), iar micşorarea conţinutului de carbon legat sub 0,8% are drept consecinţă apariţia în structură a feritei libere, şi deci ieşirea din cîmpul 0,8% —1% duce la o slabă calitate a fontei şi implicit a pieselor executate din acest material.

Conţinutul de siliciu influenţează de asemenea structura şi proprietăţile fontei, în sensul că depăşirea limitei de circa 2% favorizează grafitizarea — adică apariţia feritei şi mărirea conţinutului de grafit — iar scăderea conţinutului de siliciu sub circa 1% duce la apariţia cementitei libere.

În legătură cu cele două elemente mai trebuie amintit că, ambele influenţînd în acelaşi sens caracteristicile mecanice şi structura fontei, modificarea conţinutului de carbon implică modificarea corespunzătoare a celui de siliciu, pentru menţinerea unei structuri perlitice.

Adaosul de mangan în proporţie de 1 — 1,5% îmbunătăţeşte proprietăţile mecanice ale fontei prin micşorarea conţinutului de grafit şi mărirea conţinutului de carbon legat.

Sulful, deşi contribuie la mărirea rezistenţei la uzură a fontei, înrăutăţeşte proprietăţile de turnare prin reducerea fluidităţii şi deci nu trebuie să depăşească 0,08% la piesele mici şi 0,12% la piesele mai mari.

Fosforul îmbunătăţeşte fluiditatea, nu influenţează grafitizarea şi, prin componenţii duri ai eutecticului fosforos (amestec mecanic alcătuit din $Fe_3C + Fe_3P$ + soluție solidă Fe.C.P) mărește duritatea și rezistența la uzură. Conținutul de fosfor nu trebuie însă să depășească o anumită limită, pentru a nu se ajunge la o duritate exagerată și la o fontă fragilă. Un conținut variind între 0,3% și 0,5% fosfor asigură o calitate corespunzătoare pentru piesele motoarelor Diesel.

În afara acestor elemente obișnuite, unele firme constructoare de motoare Diesel utilizează la elaborarea fontei și elemente de aliere. Elementele de aliere, folosite la elaborarea fontei aliate, care se dizolvă în cementită—crom, mangan, wolfram, molibden, vanadiu— împiedică grafitizarea, iar cele ca nichelul sau cuprul o favorizează. În toate cazurile, depășirea anumitor limite ale conținutului elementelor de aliere influențează puternic structura și implicit calitățile fontei turnate.

Sub aspectul microstructurii fontei, trebuie reținut că duritatea, rezistența la compresiune și rezistența la uzură sînt în primul rînd determinate de structura masei metalice de bază. Creșterea cantității de grafit contribuie totuși într-o oarecare măsură și la scăderea durității fontei. Rezistențele de rupere la tracțiune, la încovoiere și la torsiune depind în primul rînd de forma, cantitatea și dimensiunile filamentelor de grafit. Filamentele de mărime mijlocie, de ordinul a 80 — 150 μ, sînt cele mai indicate pentru piesele motoarelor Diesel. Un grafit foarte fin, deși duce la rezultate bune din punctul de vedere al caracteristicilor mecanice, nu este indicat, întrucît el slăbește rezistența la uzură. Mai trebuie amintit că granulația prea fină a grafitului, împreună cu reducerea cantității de carbon peste o anumită limită, conduce la apariția grafitului interdendritic, component care scade atît plasticitatea cît și rezistența la uzură a fontei. Filamentele de grafit lungi și groase măresc însă discontinuitatea masei metalice și reduc constantele de elasticitate ale fontei.

2. Solicitări și condiții ce decurg din acestea

Din cele expuse s-a putut observa importanța deosebită ce trebuie acordată materialului din care sînt turnate piesele de schimb ale motoarelor. Dar problema este cu mult mai complexă, dacă se iau în considerare particularitățile unei piese, solicitările ei mecanice și termice, rezistența la uzură, care conduc de cele mai multe ori la găsirea unei soluții intermediare, pentru obținerea unei comportări bune pe o durată cît mai mare de exploatare.

Este deci util a se arăta care sînt condițiile tehnice de bază pentru piesele importante ale motoarelor Diesel lente, comparativ cu unele rezultate obținute în execuția, respectiv exploatarea lor.

2.1. Pistoane

Pornind de la analiza funcțională a pistonului motor, de exemplu, se poate vedea că solicitările sînt multiple și variate, diferind la partea sa superioară (denumită curent „cap", „fund" etc.) de cele de la partea inferioară (denumită „corp", „fustă" etc.).

În partea superioară trebuie luate în considerare solicitările mecanice datorită forțelor de inerție, acțiunea gazelor concretizată în presiune ridicată și acțiunea temperaturii acestora, care provoacă solicitări termice și oxidarea puternică a zonei superioare.

Spre deosebire de aceasta, partea inferioară are solicitări atît mecanice cît și termice mai mici, fiind supusă în schimb unei uzuri mari datorită frecărilor intense care apar în această zonă. De aici rezultă în mod normal, că structura materialului în partea superioară ar trebui să fie diferită de cea a părții inferioare. Pe cînd la partea superioară condițiile funcționale impun o structură foarte compactă, cu granulație fină, avînd o cantitate redusă de grafit dispus în filamente mici, partea inferioară necesită o structură mai bogată în grafit, care trebuie să fie distribuit în filamente mai lungi, pentru calitățile sale bune ca element de antifricțiune.

Realizarea, de exemplu, la partea superioară — unde se ating temperaturi peste 400°C — a unei structuri corespunzătoare părții inferioare ar contribui la apariția fenomenului de „creștere a fontei", fenomen datorat afinării ei, în urma oxidării intense în lungul filamentelor de grafit, care joacă rolul unor canale prin care se dezvoltă oxidarea.

De altfel, aceasta este explicația pentru care unele uzine constructoare, avînd în vedere condițiile deosebite de lucru ale celor două părți, au realizat pistonul din două bucăți, separînd capul pistonului de corpul său. În acest fel, pentru capul pistonului se pot utiliza nu numai fonte cenușii, ci și fonte aliate, iar la motoarele cu mare încărcare termică, chiar oțel turnat. De asemenea, la partea inferioară, pe lîngă realizarea unei structuri corespunzătoare frecărilor intense, în unele cazuri, se prevăd bandaje neferoase de antifricțiune.

Pentru pistoanele turnate din fontă dintr-o singură bucată, care au o pondere destul de mare în cadrul motoarelor existente, este însă necesar a se asigura o structură intermediară între cele corespunzătoare părții superioare și inferioare, astfel încît în ansamblu pistonul să realizeze o durată cît mai mare de funcționare. Este deci necesar să se obțină o fontă compactă, cu masa de bază perlitică, cu grafit lamelar ușor încovoiat, la care lungimea filamentelor să nu depășească 300 — 350 μ. Conținutul de carbon plus siliciu este indicat a nu depăși 5%, iar eutecticul fosforos, în jur de 0,5% să fie repartizat uniform sub forma unei rețele fine. O asemenea structură poate fi observată în figura 1, unde toate condiţiile exprimate mai sus au fost realizate.

Deşi cele de mai sus sînt în general cunoscute de cei ce furnizează pistoanele brut turnate, cu toate eforturile depuse, nu s-a reuşit a se asigura în suficientă măsură calitatea corespunzătoare condiţiilor minime de bază. Astfel, după cum se vede în figura 2, microstructura unei probe prelevate dintr-un piston prezintă filamente de grafit grosolane, drepte, depăşind lungimea de 600 μ. Tot astfel figura 3 prezintă microstructura unui alt piston, la care eutecticul fosforos foarte grosolan este neuniform repartizat şi are aspectul unor insule izolate. Calitatea cu totul nesatisfăcătoare a unei astfel de turnări are efecte negative în funcţionarea de durată după cum se va vedea în ultima parte a articolului.

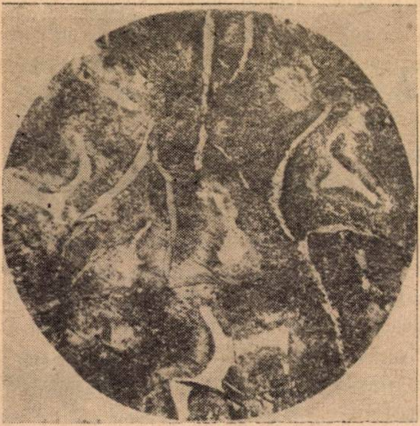


Fig. 1. Probă atacată. Masa de bază perlită lamelară fină plus insule de eutectic fosforos (zonele albe), relativ uniform repartizate, de dimensiuni admisibile, grafit lamelar de lungime 250—350 μ. (Analiza E.R. nr. 28/1963).

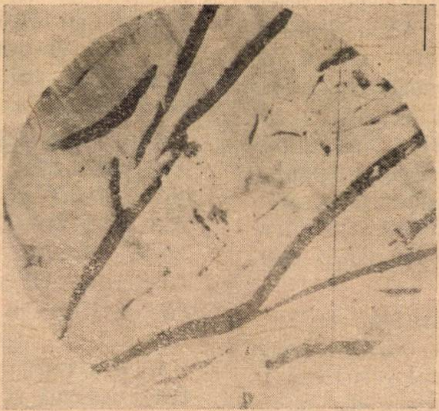


Fig. 2. Probă neatacată. Filamente de grafit grosolane, drepte, pînă la circa 600 μ. (Analiză E.R. nr. 49/1963).

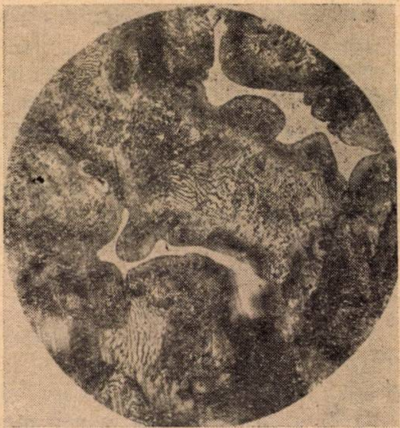


Fig. 3. Probă atacată. Perlită lamelară de mărime mijlocie cu aglomerări de eutectic fosforos grosolan, care a dus la variaţii de duritate Brinell (HB) neadmisibile, cuprinse între 180 şi 260 kgf/mm². (Analiză E.R. nr. 106/1963).

2.2. *Segmenţi*

Trecînd la cea de-a doua piesă importantă a motorului Diesel, trebuie arătat rolul funcţional al segmenţilor de compresiune şi de radere, pentru a înţelege condiţiile metalurgice de respectat la fabricarea acestora.

Segmenţii de compresiune au rolul de a asigura etanşeitatea între piston şi cămaşă şi de a evacua prin conductibilitate termică o parte din căldura acumulată de piston în timpul funcţionării. Rezultă evident că elasticitatea ridicată a materialului şi menţinerea sa în timp, în condiţiile de funcţionare — încălzire pînă la 500°C şi presiuni variind între 50 şi 60 kgf/cm² — formează condiţia de bază a segmenţilor, pe lîngă calităţile bune de antifricţiune pe care trebuie să le aibă asigurate. Bineînţeles, solicitările segmentului de radere sînt de aceeaşi natură, deşi la valori absolute mai scăzute.

Trebuie însă remarcat că problema prezentată astfel apare ca simplistă, nefiind de fapt suficient a analiza segmentul ca atare, ci în corelaţie cu cămaşa de cilindru, în lungul căreia acesta exercită, în cazul unei execuţii corecte, o presiune uniformă radială, variind între 0,4 şi 1,3 kgf/cm² la motoarele la care se referă acest articol.

O elasticitate ridicată a segmenţilor duce într-adevăr la aderarea lor etanşă pe cămaşa cilindrului şi la evitarea scăpărilor de gaze, dar depăşirea presiunii radiale peste cea corespunzătoare caracteristicilor de lucru ale motorului (viteză, putere, presiune în cilindru, alezaj etc. duce implicit la uzura prematură a segmenţilor sau a cămăşii. Dacă între duritatea segmentului şi aceea a cămăşii există o diferenţă de 5% pînă la 10%, duritatea superioară fiind a segmentului, nu sînt de aşteptat uzuri inadmisibile ale cămăşii. Acest lucru, verificat practic, se explică prin aceea că, pe cînd segmentul este expus în permanenţă frecării, o anumită zonă a cămăşii suferă această acţiune numai în momentul trecerii segmentului în dreptul său.

Aceste aspecte funcţionale ale segmenţilor impun, pentru realizarea unei calităţi corespunzătoare, anumite condiţii de bază ce trebuie asigurate de materialul din care aceştia sînt confecţionaţi. Şi aici trebuie, în primul rînd, avută în vedere structura materialului, care în toate cazurile este fonta cenuşie perlitică. Prezenţa în structura acesteia a feritei libere duce la micşorarea elasticităţii, a durităţii şi la creşterea deformaţiilor plastice; deci ea trebuie limitată. Filamentele de grafit mai lungi au o acţiune favorabilă pentru rezistenţa la uzură, dat fiind caracterul de lubrifiant al grafitului, dar micşorează rezistenţa mecanică şi elasticitatea fontei; deci sînt de aşteptat deformaţii plastice mari. Eutecticul fosforos, cu duritate mare, este un constituent a cărui prezenţă este favorabilă rezistenţei la uzură, dar în cazul cînd nu este distribuit în reţea uniformă fină, ci sub formă de reţea grosolană sau insule mari, poate produce uzuri exagerate, generale sau locale.

Condiţiile tehnice de macro- şi microstructură ale materialului turnat în tobe sau în segmenţi individuali au fost reglementate încă din 1954 de standardul 4069, completat cu procesul-verbal de derogare nr. 288/1959, care prevede o fontă cenuşie superioară, cu conţinut de fosfor între 0,20% şi 0,50% şi de sulf de maximum 0,12%. De asemenea impune eutecticului fosforos distribuire uniformă în reţea, admiţînd conţinutul maxim de ferită la 10% din cîmpul vizual al microscopului la mărirea de 100 ori — interzicînd prezenţa cementitei libere — şi fixează lungimea filamentelor de grafit uniform repartizate şi uşor încovoiate, la maximum 180μ, respectiv 240μ, după cum tobele sau segmenţii turnaţi individual depăşesc sau nu ca diametru 180 mm, admiţînd o depăşire de 60μ la maximum 10% din numărul filamentelor de grafit.

După unii autori, pierderea elasticităţii segmenţilor în timpul funcţionării la temperatură ridicată şi apariţia deformării plastice se datoresc fluajului fontei şi fenomenului de relaxare legat de acesta. Toţi sînt de acord, şi acest lucru a fost dovedit, că stabilitatea caracteristicilor mecanice ale segmenţilor depinde în mare măsură nu numai de calitatea fontei utilizate, şi ci de procesul de detensionare a lor.

În ultima perioadă a căpătat o tot mai largă utilizare aşa-numita termofixare a segmenţilor pentru motoare. De fapt, sub această denumire se pot înţelege două metode: fie aceea a obţinerii fantei segmentului pe cale termică, fie aceea a anulării tensiunilor apărute la prelucrarea segmenţilor. Ambele procedee însă au influenţă asupra menţinerii în timp a caracteristicilor de elasticitate ale segmenţilor. Aplicarea de către întreprinderea „Energo-reparaţii” a unui regim optim de detensionare după prelucrarea segmenţilor — constînd din menţinerea la 550 — 600°C, timp de 30 pînă la 150 minute (funcţie de dimensiunile segmenţilor) urmată de răcirea în aer liber — asigură anularea tensiunilor în proporţie de 90 — 95%. Menţinerea la temperatura de 650°C asigură anularea totală a tensiunilor, dar, datorită recristalizării care are loc în acest caz, se micşorează rezistenţa la deformări plastice, se produce o sferoidizare a cementitei şi ca urmare rezistenţa de rupere şi de fluaj scade considerabil. Ca exemplificare, în figura 4 se prezintă microstructura unei fonte de segmenţi, cu o comportare satisfăcătoare, spre deosebire de cele prezentate în figurile 5 şi 6, care nu satisfac nici condiţiile minime impuse acestui tip de piesă.

2.3. *Cămăşi de cilindru*

Cămaşa de cilindru a motorului Diesel are de suportat în funcţionare solicitări mari mecanice (presiunea gazelor, frecarea segmenţilor) şi termice (încălzire neuniformă accentuată la partea dinspre camera de ardere).

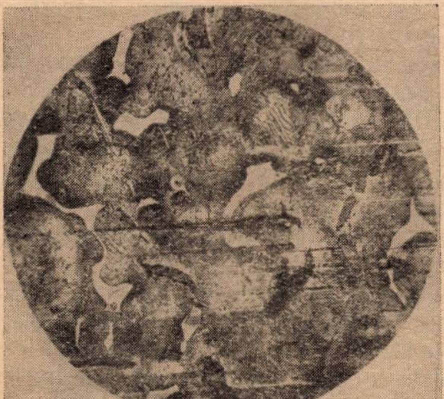


Fig. 4. Probă atacată. Perlită lamelară plus eutectic fosforos sub formă de reţea de mărime admisibilă, uniform repartizată. Grafit lamelar uşor încovoiat, uniform distribuit: lungimea filamentelor 150—200 μ. (Analiză E.R. nr. 199/1959).

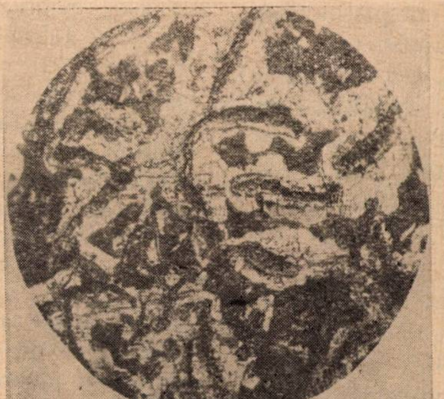


Fig. 5. Probă atacată. Perlită + ferită repartizată în special de-a lungul filamentelor de grafit, ocupînd circa 50% din cîmpul vizual al microscopului. Filamente de grafit grosolane şi neuniform repartizate, avînd lungimea cuprinsă între 300 şi 500 μ. Duritate Brinell a materialului sub limita admisă (145kgf/mm^2). (Analiză E.R. nr. 14/1964).

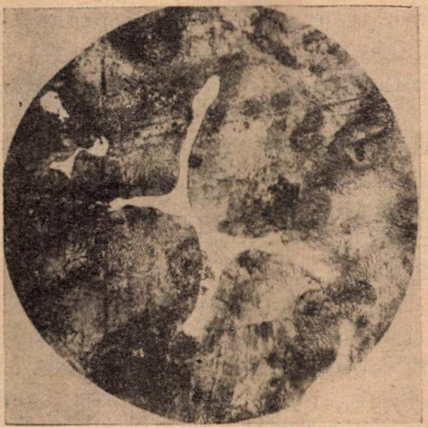


Fig. 6. Probă atacată. Perlită lamelară + eutectic fosforos grosolan şi neuniform repartizat. Duritate Brinell neuniformă, între 189 şi 270 kgf/mm^2. (Analiză E.R. nr. 105/1963).

Ca urmare, materialul din care se confecţionează cămaşa de cilindru trebuie să aibă următoarele calităţi: compactitate ridicată, pentru asigurarea unei perfecte etanşeităţi între spaţiul de combustiune şi cel de răcire, rezistenţă mecanică ridicată, pentru suportarea solicitărilor rezultate din presiunea gazelor și din încălzirea la circa 500°C, calități bune de antifricțiune, pentru a se realiza o uzură redusă.

Materialul folosit de obicei pentru cămășile motoarelor considerate, fonta Fc 20 sau Fc 25, în general satisface condițiile de rezistență mecanică și de compactitate, dar nu și pe acelea de antifricțiune. Condițiile impuse cămășilor de cilindru nu s-au ridicat la nivelul corespunzător solicitărilor sub toate aspectele, ci s-au menținut la nivelul prescripțiilor de la corpul pistonului, cu toate că sub aspectul uzurii cămașa este mai solicitată decît corpul pistonului. Nu s-a reușit — din motivele arătate mai jos — executarea de încercări pentru utilizarea fontelor aliate sau modificate la cămășile de cilindru, deși după unii autori rezultatele obținute cu aceste materiale sub aspectul uzurii ar fi deosebit de favorabile.

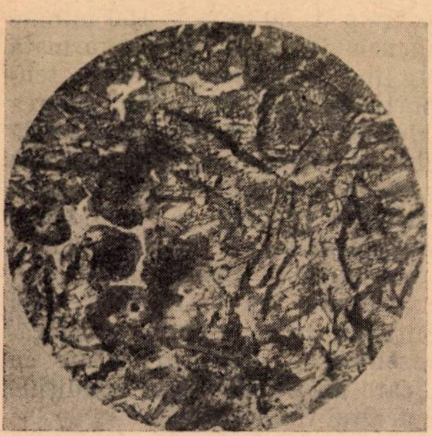


Fig. 7. Probă atacată. Perlită lamelară fină + eutectic fosforos de mărime admisibilă, relativ uniform repartizat. Filamentele de grafit de 250 — 300 μ. Duritate Brinell a materialului 195 kgf/cm².

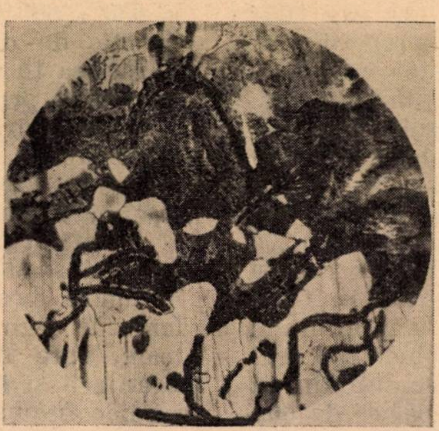


Fig. 8. Probă atacată. Perlită lamelară + ferită ocupînd circa 35 % din cîmpul vizual al microscopului (zonele albe), ceea ce a dus la micșorarea durității Brinell la 154 kgf/mm² (sub limita admisă). (Analiză E.R. nr. C. 25/1963).

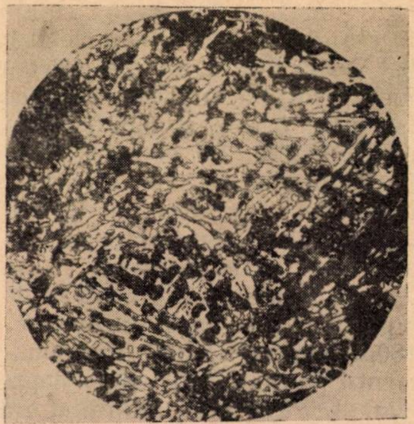


Fig. 9. Probă atacată. Perlită + cementită liberă ocupînd circa 30 % din cîmpul vizual al microscopului. Duritatea Brinell medie a piesei în zonele de cementită 290 kgf/mm² (peste limita admisă).

Pentru orientare se arată în figura 7 microstructura unei cămăși din fontă care respectă în totalitate prescripțiile de calitate, iar în figurile 8 și 9 microstructuri necorespunzătoare care au dus la retopirea cămășilor respective.

2.4. *Chiulasa*

Chiulasa, numită și cap de cilindru, este o piesă statică, care prin rolul său de delimitator al spațiului de combustiune și purtător al organelor de pornire, injectare, admisia aerului și evacuarea gazelor, are de suportat solicitări mecanice pulsatorii, combinate cu solicitări termice datorite încălzirii neuniforme, accentuate de orificiile practicate pentru organele menționate în corpul chiulasei, precum și temperaturilor diferite ale fluidelor care traversează aceste orificii (solicitări mai accentuate la motoarele în 4 timpi).

Rezultă că materialul chiulasei trebuie să fie compact, lipsit de porozități, goluri și fisuri, pentru a împiedica pătrunderea gazelor arse în apa de răcire, sau, ceea ce este mai grav, a apei în spațiul de ardere.

Chiulasele motoarelor Diesel cu turație lentă sau mijlocie se fac de obicei prin turnare din fontă cenușie. Alte materiale sau alte soluții constructive (oțel turnat, oțel sudat, aliaje neferoase), pentru categoria de motoare considerate, se folosesc extrem de rar.

Chiulasele executate în țară pînă în prezent ca piese de schimb sînt confecționate aproape exclusiv din fontă cenușie Fc 15 și Fc 20, STAS 568-61, materiale care satisfac condițiile prescrise acestor piese. Cum necesitatea unei anumite microstructuri a fontei este determinată în special de solicitarea la uzură a piesei respective — solicitare inexistentă la chiulasă — precum și din motivele arătate, s-a renunțat la prescrierea unor condiții de microstructură. Este însă importantă compactitatea și uniformitatea macrostructurii materialului (pentru asigurarea etanșeității și evitării zonelor de rezistență redusă).

Pentru verificarea condițiilor de macrostructură, în lipsa altor posibilități, se fac controale în diferite puncte ale suprafeței piesei, controale care nu oferă însă o verificare a întregului volum al materialului piesei.

Cele mai multe avarii care s-au produs la chiulase și la alte piese cu solicitări asemănătoare sînt cauzate de neuniformitatea macrostructurii materialului, deficiență care, în lipsa posibilității de control, nu poate fi înlăturată decît printr-un proces tehnologic de turnare corect întocmit, minuțios executat, și prin folosirea materialelor de calitate corespunzătoare.

3. Stadiul actual al execuției pieselor de schimb

Cele expuse mai sus dau o privire generală asupra aspectelor metalurgice pe care le ridică asigurarea sectorului energetic cu o categorie importantă de piese de schimb corespunzătoare calitativ. În prezent problema pieselor de schimb pentru toate utilajele din țară a căpătat o deosebită importanță și ca atare se impune adoptarea unor noi soluții tehnice, care să conducă la creșterea durabilității lor în funcționare.

Trebuie remarcat că, cu toate succesele obținute pe această linie, pînă în prezent s-a urmărit, cel puțin pentru sectorul energetic, rezolvarea mai mult cantitativă a problemei, în sensul asigurării operative a pieselor de înlocuire, astfel ca grupurile energetice să nu aibă perioade lungi de indisponibilitate. În perioada actuală, acest sistem de rezolvare nu mai este suficient, datorită pe de o parte cheltuielilor suplimentare pe care le impun piesele de durabilitate scăzută, iar pe de altă parte datorită capacității limitate a sectorului de execuție a pieselor de schimb, în speță a întreprinderii ,,Energo-reparații''.

4. Aspectul economic al calității pieselor de schimb

În cele ce urmează se arată efectele economice care se pot realiza prin mărirea durabilității pieselor de schimb; aceste efecte au trei surse:

—realizarea unor piese mai durabile la un preț mai redus, posibilă ca urmare a aplicării unor metode tehnice mai avansate, cu productivitate superioară;

—realizarea de economii prin micșorarea consumului de piese de schimb, ca urmare a creșterii durabilității;

—reducerea numărului de reparații în vederea înlocuirii pieselor uzate.

Se poate deci scrie:

$$E = E_p + E_c + E_{rep}$$

Pentru prima sursă este evident că economiile se pot exprima sub forma:

$$E_p = (P_1 - P_2)\, V_2,$$

în care P_1 respectiv P_2 sînt prețurile de livrare ale pieselor de schimb în prezent și după îmbunătățirea calitativă, iar V_1 și V_2 sînt cantitățile de piese executate în prezent și după mărirea durabilității. Evident că creșterea durabilității pe seama creșterii prețului de cost poate conduce la o valoare negativă și deci metoda își are aplicabilitate numai pînă la limita superioară cînd

$$E_p = E_c + E_{rep}.$$

Pentru cea de-a doua sursă este evident că pentru un anumit timp dat T, cu notațiile de mai sus se pot scrie relațiile:

$$T = V_1 D_1 = V_2 D_2,$$

în care D_1 și D_2 reprezintă durabilitatea unei piese.

Notînd cu $K = \frac{D_2 - D_1}{D_1}$ creșterea relativă de durabilitate și cu $\alpha = \frac{V_1 - V_2}{V_1}$ descreșterea relativă a volumului de piese de schimb, din egalitatea de mai sus rezultă următoarea relație între cei doi coeficienți K și α:

$$\alpha = \frac{K}{1 + K}.$$

Cu aceste considerații și ținînd seama că, indiferent de mărirea durabilității pieselor de înlocuire, mărimea stocului pentru siguranța exploatării nu poate scădea sub o anumită limită, rezultă că variația volumului pieselor de înlocuire în funcție de mărirea durabilității se reprezintă prin o curbă descrescătoare, care se apropie asimptotic de valoarea ce reprezintă stocul de siguranță (fig. 10).

Ținînd seamă că economiile rezultate din scăderea consumului de piese de înlocuire pot fi exprimate prin:

$$E_c = (V_1 - V_2)\, P_1,$$

rezultă că aceste economii apar ca dependente de durabilitate sub forma:

$$E_c = \frac{K}{K + 1} V_1 P_1,$$

respectiv:

$$E_c = \alpha V_1 P_1$$

Dacă se admite — ceea ce este logic — că cheltuielile prilejuite de reparații se reduc direct proporțional cu numărul de piese înlocuite, atunci economiile provenite din cea de-a treia sursă pot fi exprimate prin relația:

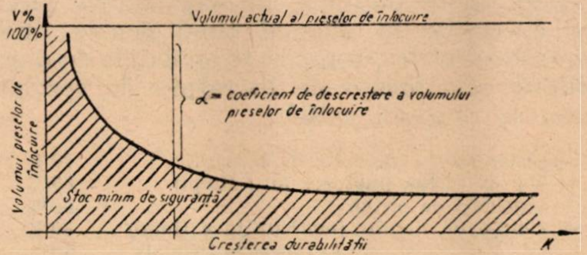


Fig. 10. Variația volumului pieselor de înlocuire în funcție de mărirea durabilității.

$$E_{rep} = \rho E_c,$$

în care

$$\rho = \frac{R}{P_1\, V_1},$$

unde :

R reprezintă cheltuielile de reparații legate de înlocuirea pieselor ;

V_1 — conform notațiilor de mai sus, volumul în bucăți ce se înlocuiesc ;

P_1 — prețul de livrare al pieselor de schimb.

Sub această formă ρ este general aplicabil pe întreg sectorul energetic ; pentru cazuri particulare este însă necesară determinarea valorii specifice particulare.

În acest fel :

$$E_{rep} = \frac{K}{K+1} V_1 P_1 \frac{R}{V_1 P_1} = R \frac{K}{K+1}.$$

Neluînd în considerare prima sursă de economii, care poate avea un aspect pozitiv sau negativ, rezultă că pentru exploatare economiile se pot prezenta sub forma :

$$E_{expl} = \frac{K}{K+1} (V_1 P_1 + R).$$

Mai trebuie amintit că cele de mai sus se referă numai la economiile directe ce apar, neluîndu-se în considerare sporul de producție obținut de economia națională ca urmare a reducerii numărului de reparații.

Sub aspectul încărcării sectorului de execuție a pieselor de înlocuire trebuie arătat că acesta, în funcție de creșterea de durabilitate, obține, fără investiții, o capacitate disponibilă egală cu :

$$C_k = \frac{K}{K+1} C_{actual}$$

și aceasta permite un nou spor de producție prin asimilarea de noi produse neexecutate încă, spor neluat în considerare în cele de mai sus.

Rezultatele obținute în exploatarea pieselor executate în ultimul timp pentru unele centrale electrice, comparate cu datele de durabilitate menționate de literatura de specialitate, se prezintă astfel :

— piston-motor (motoare în 4 timpi)	70%
— cap de piston (motoare în 2 timpi)	65%
— segmenți de piston	60%
— cămăși de cilindru (motoare în 4 timpi)	80%
(motoare în 2 timpi)	50%
— chiulase	75%

ceea ce dovedește că în mod neîndoielnic există rezerve pentru creșterea durabilității pieselor.

Cauzele care au limitat durata de funcționare a pieselor amintite au fost :

— pentru cămășile de cilindru (cu rare excepții), atingerea limitei admise pentru uzură ;

— pentru segmenții pistoanelor, fie atingerea limitei de uzură, fie ruperea lor ;

— pentru toate celelalte piese, fisurile produse de obicei în regiunile expuse solicitărilor termice maxime, adică la pereții în contact direct cu spațiul de combustiune.

În legătură cu aceasta mai trebuie amintit că se observă o mare dispersie a durabilității de la furnizor la furnizor, ba chiar de la șarjă la șarjă. Furnizorii pieselor brut turnate atribuie această stare de fapt, pe de o parte, calității necorespunzătoare a materiei prime, iar pe de altă parte faptului că producția lor cu caracter de serie este stînjenită de comenzile de piese de schimb pentru motoare, pentru care se cer înalte caracteristici mecanice și metalurgice. Obținerea acestor caracteristici implică un mare volum de muncă, concretizat în studii, experimentări etc., care însă, dat fiind specificul fabricației de piese de schimb — serii mici sau chiar unicate — apare pentru furnizor ca nerentabil.

Datorită acestui aspect economic, susținut de fiecare furnizor, îmbunătățirea calitativă a pieselor de schimb, în special sub aspect metalurgic, se face cu mare greutate și într-un ritm extrem de lent.

De fapt problema creșterii durabilității pieselor de schimb trebuie analizată sub aspectul rentabilității nu numai la nivelul furnizorului, unde în prima etapă pot apărea într-adevăr creșteri ale prețului de cost, ci mai ales la nivelul exploatării acestora în sectorul energetic.

Cercetînd, pe baza considerațiilor economice făcute mai sus, care sînt economiile anuale ce se pot realiza pentru piesele importante ale unui singur tip de motor Diesel cu largă răspîndire în sectorul energetic, se ajunge în final la rezultatele cuprinse în tabela 1.

Din tabelă rezultă imediat că valoarea economiilor care se realizează în sectorul energetic numai într-un an la piesele cercetate se ridică la valori de sute de mii lei, pentru cămăși atingîndu-se chiar cifra impresionantă de aproape 1,5 milioane.

Admițînd că pentru o primă etapă s-ar păstra actualul nivel al cheltuielilor legate de execuția și montarea pieselor de schimb în sectorul energetic, economiile ce ar rezulta din realizarea de piese cu durabilitate mărită ar putea fi folosite pentru compensarea cheltuielilor suplimentare — studii, cercetări și experimentări — impuse de fabricarea unor piese cu caracteristici metalurgice superioare. Dacă se iau în considerare numai piesele importante ale motoarelor, rezultă că economia pe un singur an (la același nivel de cheltuieli pe economia națională) permite creșterea cheltuielilor de fabricație : la cămăși cu 108%, la pistoane cu 59%, la segmenți cu 138%, la chiulase cu 31,6%. De aici se vede că nerentabilitatea cheltuielilor de cercetări necesare pentru a asigura condițiile metalurgice superioare — argument economic folosit pînă în prezent — nu corespunde realității.

Tabela 1

	Cămăşi	Pistoane	Segmenţi	Chiulase
Durabilitate actuală (faţă de indicaţiile din literatură), %	50	65	60	75
Creşterea de durabilitate (la nivelul prescripţiilor actuale), K	1	0,55	0,67	0,30
Coeficientul de descreştere a volumului pieselor de schimb, α	0,5	0,355	0,40	0,23
Volumul actual de piese executate anual, V_1	132	93	3 500	39
Preţul unei bucăţi executate în prezent, P_1	19 640	20 160	167	11 192
Costul reparaţiilor aferente înlocuirii unei piese, ρ	1 592,70	1 481,20	1 086,60	585,40
Economiile la consumul de piese, E_c	1 296 240	665 280	233 800	100 728
Economiile la cheltuieli de reparaţii, E_{rep}	105 118	48 880	253 178	5 269
Economiile realizate anual în exploatarea pieselor cu durabilitate mărită, $E_{expl.}$	1 401 358	714 160	486 978	105 997
Volumul anual de piese cu durabilitate mărită ce urmează a se executa, V_2	66	60	2 100	30
Economiile de exploatare raportate la piesele cu durabilitate mărită, $\frac{E_{expl.}}{V_2}$	21 233	11 902	232	3 533
Raportul între economia specifică şi preţul de cost actual al pieselor, $\frac{E_{expl}}{V_2 P_1}$	1,08	0,59	1,38	0,316

Tabela 2

	Cămăşi	Pistoane	Segmenţi	Chiulase
Manopera de prelucrare per bucată, ore/buc.	134	285	4,6	105
Volumul actual anual de piese de schimb, buc./an	132	93	3 500	39
Creşterea de durabilitate, K	1	0,55	0,67	0,30
Coeficientul de descreştere a volumului de piese de schimb, α	0,5	0,355	0,40	0,23
Capacitatea disponibilă ca urmare a creşterii durabilităţii, ore/an	8 845	9 410	6 440	942

Cercetînd aspectul capacităţii de execuţie a sectorului de fabricaţie a pieselor de schimb, din tabela 2 se poate observa că pe seama creşterii durabilităţii se realizează o descărcare a acesteia. De fapt, în acest fel se realizează, fără investiţii, o creştere a capacităţii de producţie care poate fi utilizată pentru execuţia altor piese.

Concluzii

1. Turnarea pieselor din fontă pentru motoarele Diesel lente şi de viteză mijlocie nu a atins încă nivelul metalurgic necesar realizării durabilităţii impuse de cerinţele sectorului energetic şi implicit ale economiei generale.

2. Urmărirea îmbunătăţirii calitative a pieselor de schimb nu a constituit o preocupare permanentă şi organizată, acest aspect fiind tratat numai în cazuri particulare, la scăderi calitative inadmisibile.

3. În lipsa unei turnătorii proprii sectorului energetic, mărirea durabilităţii pieselor este condiţionată de aspectele economice particulare diferiţilor furnizori din alte sectoare industriale, avînd alte sarcini şi preocupări principale.

4. Punerea la punct a problemei necesită încă studii şi experimentări de durată, dar care apar obligatorii din punct de vedere tehnic, iar din punct de vedere economic, rentabile, aplicarea lor conducînd la economii importante.

5. Cheltuielile inerente impuse de organizarea unei activităţi sistematice de îmbunătăţire a calităţii pieselor de schimb sînt justificate nu numai prin economiile ce apar în exploatare, dar şi prin mărirea capacităţii de producţie a agregatelor energetice respective.

Bibliografie

[1] Dumitrescu, Tr. şi col. *Studiul formei şi distribuţiei grafitului asupra calităţii segmenţilor de piston din fonte aliate.* Studii şi cercetări de metalurgie, Ed. Acad. R.P.R., 1960.

[2] Angus, H. P. *Fontă pentru motoare cu combustiune internă.* Oil Engine and Gaz Turbine, nr. 367, mai 1964.

[3] Gerhardt, O. *Fontă aliată cu molibden în construcţia de motoare şi maşini.* Giesserei 48 (1961), nr. 8.

Cronică

A IV-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări energetice (ISPE)

— aprilie 1964 —

În zilele de 23 şi 24 aprilie 1964 s-au desfăşurat în Bucureşti lucrările celei de-a IV-a sesiuni de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări energetice. Au fost prezentate 40 de referate, în care au fost arătate cele mai importante realizări tehnice şi ştiinţifice obţinute în 1963 de proiectanţii institutului în domeniile producerii, transportului şi distribuţiei energiei electrice (centrale termoelectrice, reţele şi sisteme electrice).

La şedinţa festivă de deschidere, care a avut loc în aula Bibliotecii centrale universitare, au luat cuvîntul tov. ing. Bujor Almăşan, ministrul minelor şi energiei electrice, ing. Vasile I. Nitu, directorul institutului, academicienii Remus Răduleţ, Aurel Avramescu, Horia Hulubei, Const. Dinculescu, rectorul Institutului politehnic, prof. D. Leonida etc.

Datorită numărului relativ mare de comunicări şi specificului lor foarte variat, lucrările sesiunii s-au desfăşurat în patru secţii de specialitate :

- Secţia I — *Sisteme energetice*, 9 referate.
- Secţia a II-a — *Partea electrică a instalaţiilor electroenergetice*, 11 referate.
- Secţia a III-a — *Partea termomecanică a instalaţiilor electroenergetice şi de termoficare*, 10 referate.
- Secţia a IV-a — *Construcţii*, 10 referate.

Referatele următoare sînt mai reprezentative pentru preocupările manifestate în cadrul sesiunii :

În referatul intitulat „*Caracterul special al soluţiilor pe echivalente tipizate REI pentru formula de pierderi*”, ing. P. Dimo evidenţiază caracterele noi şi diferite ale formulelor de pierderi pe echivalente tipizate REI (radial, echivalent, independent) ale sistemului cu sarcină unică, faţă de formulele de pierderi utilizate azi, asociate calculatorului numeric, printre care faptul că sînt deduse din considerarea evoluţiei pierderilor în ramurile echivalentului la schimbarea regimului. Există două categorii de ramuri în echivalent : ramuri alimentînd direct sarcina unică şi ramuri de legătură între centrale. Majoritatea pierderilor sînt localizate în prima categorie de ramuri, pentru care pot fi stabilite componente mai exacte ale formulei de pierderi. După necesitate şi dorinţă se poate mări exactitatea formulei de pierderi prin exprimări diferite ale pierderilor în aceste ramuri, sau prin modificarea constantelor pentru verificarea unor regimuri cunoscute. În afară de „dozarea” aproximaţiilor, echivalentul permite bogate considerente în legătură cu structura reţelei.

Specialistul este pus totdeauna în faţa unui singur tip de reţea relativ simplă : echivalentul REI al sistemului cu sarcină unică, indiferent de complicaţiile şi complexitatea reţelei reale. Dacă acest echivalent tipizat a fost o dată studiat în detaliu, specialistul nu va avea niciodată de lămurit cazuri noi, ci de aplicat totdeauna situaţii binecunoscute şi deja analizate, pe schema simplă a echivalentului REI.

În referatul „*Folosirea calculului statistic şi probabilistic la studiul unor probleme privind dezvoltarea sistemelor energetice*”, ing. V. I. Nitu şi matematician M. Brădescu prezintă problemele energetice care pot fi rezolvate cu ajutorul calculului statistic şi probabilistic, arătîndu-se şi stadiul acestora în literatura de specialitate.

Se desprinde ca o problemă importantă „siguranţa” în funcţionarea sistemelor energetice.

În continuare se descrie o metodologie modernă de calcul probabilistic al siguranţei de funcţionare a sistemelor energetice, avînd la bază date statistice asupra avariilor diferitelor elemente ale sistemului. Pornind de la aceste date statistice, se stabilesc, cu ajutorul legilor clasice ale calculului probabilităţilor, formule pentru duratele probabile ale avariilor unui complex de agregate funcţionînd în paralel, precum şi pentru avariile unui complex de agregate conectate în serie.

Mai departe, folosind aceste rezultate, este descris un procedeu de calcul al probabilităţii de indisponibilitate a unui anumit nivel de putere, într-un sistem.

Studiul „siguranţei” sistemului decurge din compararea puterii probabil disponibile cu curba de sarcină a sistemului.

Cu privire la problema folosirii maşinilor electronice de calcul în studiul sistemelor energetice se menţionează referatul „*Studii şi rezultate în legătură cu utilizarea maşinilor electronice de calcul CIFA*”, de ing. P. Iancovici, ing. M. Bogan, ing. St. Hückert şi ing. B. Ungureanu, în care sînt prezentate rezultatele obţinute cu ajutorul maşinilor electronice de calcul CIFA la unele probleme practice de funcţionare a sistemului energetic R.P.R., rezultate care au condus la concluzii importante privind :

- îmbunătăţirea protecţiei prin relee a liniilor şi staţiilor sistemului energetic ;
- alegerea parametrilor grupurilor generatoare din centralele mari ;
- funcţionarea interconectată cu ţările membre CAER ;
- determinarea parametrilor necesari reglajului frecvenţă-putere ;
- îmbunătăţirea coeficientului de rezervă al stabilităţii statice în diferite zone ale sistemului energetic etc.

Metoda utilizată pentru calculul regimurilor dinamice se bazează pe analiza nodală aplicată reţelelor complexe (Dimo).

De asemenea, în lucrare se prezintă modul cum au fost rezolvate, cu ajutorul aceloraşi maşini, calculul regimurilor staţionare de funcţionare a sistemului energetic, precum şi calculul admitanţelor, totale şi de transfer în scheme complexe.

Atît pentru calculul regimurilor dinamice cît şi pentru calculul regimurilor staţionare şi al admitanţelor totale şi de transfer, se tratează metode de calcul şi particularităţi ale calculelor şi programelor utilizate (precizie, durată, date de intrare etc.).

Legat de această problemă, se remarcă referatul „*Aspecte legate de introducerea maşinilor de calcul în probleme de planificare a reţelelor*”, de ing. L. Groza, în care sînt prezentate posibilităţile noi ce se deschid pentru studiile de planificare a reţelelor prin introducerea maşinilor electronice de calcul, în primul rînd în tratarea matematică a problemei datorită volumului mare de calcul ce poate fi efectuat şi posibilităţilor de automatizare a acestuia.

Se arată pe scurt stadiul actual al calculelor în R.P.R.

După o prezentare a mersului general al unui asemenea studiu, se prezintă problema reţelelor electrice, arătîndu-se aspectele ce trebuie examinate pentru a se ajunge la descrierea tehnică a unor etape succesive a reţelelor (strategice).

Se stabileşte o organigramă a calculelor şi se arată căile practice de introducere a unor asemenea metode, folosind ca exemplu planul de perspectivă al reţelei R.P.R.

În referatul „*Stabilirea parametrilor principali ai echipamentului de comandă, măsură şi semnalizare în condiţiile sistemului electroenergetic al R.P.R.*”, autorii : ing. C. Negreanu şi ing. M. Popa şi-au propus să schiţeze un plan tehnic de perspectivă în domeniul aparatajului de măsură, comandă şi semnalizare, care ar urma să fie fabricat în ţară parţial sau integral, pînă în 1970. Sînt analizate şi recomandate principalele caracteristici ale aparatelor de măsură indicatoare, integratoare şi înregistratoare, ale comutatoarelor de comandă şi universale pentru curenţi tari şi curenţi slabi, ale indicatoarelor de poziţie, casetelor şi lămpilor de semnalizare etc.

Performanţele recomandate sînt apropiate de cele mai noi realizări din străinătate, în limitele utilităţii în ţara noastră. În privinţa dimensiunilor, s-a recomandat o gamă unitară, aplicabilă şi la aparate de măsură şi control din alte domenii decît cel electric şi care ar conduce la o sistematizare importantă a panourilor şi pupitrelor de comandă. Sînt recomandate de asemenea unele perfecţionări ale sistemului de cablare.

Referatul *,,Coordonarea coeficienţilor de siguranţă a diferitelor elemente constructive ale liniilor electrice aeriene''*, de ing. C. Petrescu şi ing. I. Chiriţă, analizează, pe baza ipotezelor şi condiţiilor de calcul prevăzute în prescripţiile actuale, capacitatea de supraîncărcare a fiecărui element component de linie electrică aeriană, stabilindu-se condiţiile pentru care elementul este distrus sau îşi pierde stabilitatea.

Ţinînd seamă de gradul de avariere a fiecărui element în parte, de posibilităţile de reparare etc., sînt scoşi în evidenţă noi coeficienţi de siguranţă faţă de cei prevăzuţi în prescripţii.

Sistemul de verificare şi de calcul prezentat evită eventuale puncte slabe în construcţii, iar pentru înlăturarea acestora sporul de investiţii ar fi neînsemnat.

Referatul *,,Considerente în legătură cu proiectarea şi realizarea staţiilor de transformare de foarte înaltă tensiune în R. P. R.''*, de ing. T. Dobrin, ing. P. Raşcu, ing. M. Vintilescu şi ing. D. Voinea, indică modul în care au fost soluţionate unele probleme electrice şi constructive la primele staţii cu tensiunea superioară 220 kV şi 400 kV, realizate sau în curs de realizare în R.P.R. Se analizează astfel : sistemul de conexiune şi tipul aparatajului folosit în schemele circuitelor primare, dispoziţia spaţială a echipamentului de înaltă tensiune, instalaţiile de comandă, măsură, semnalizare, protecţie şi automatizare, instalaţiile auxiliare şi anexe, partea de construcţie etc.

Întrucît se apreciază că în viitorul apropiat vor trebui executate în R.P.R. un număr important de staţii de transformare de foarte înaltă tensiune, prezintă interes uniformizarea, la acestea, a soluţiilor electrice şi constructive. Posibilitatea unei tipizări va fi mult uşurată de asimilarea fabricării în ţară, în anii următori, a echipamentului de 220 kV. În ultima parte a referatului se examinează anumite aspecte legate de problema unificării proiectelor pentru staţiile cu tensiunea cea mai înaltă 220 kV.

Referatul *,,Scheme optime pentru punctele termice din reţelele de termoficare''*, de ing. H. Furtunescu, ing. M. Voinea şi ing. M. Beldiman, arată în ce măsură modul de racordare a consumatorilor de căldură la reţelele publice de termoficare bitubulare, poate conduce la o serie de avantaje tehnice şi economice, dacă se realizează o concordanţă funcţională între schema adoptată şi caracteristicile specifice consumului de căldură.

Pentru cazul alimentării cu căldură a construcţiilor de locuinţe, schema de racordare influenţează esenţial investiţiile totale necesare, precum şi cheltuielile de exploatare. Din examinarea ansamblului de reţele de termoficare şi puncte termice necesare alimentării cu căldură a locuinţelor, dotaţiilor social-culturale şi spaţiilor comerciale dintr-un cartier de circa 21 000 de locuitori, s-a ajuns la unele concluzii privind influenţa schemelor termice de racordare.

Astfel s-a constatat că schemele optime de racordare sînt cele în care se aplică încălzirea apei calde menajere în două trepte în serie cu instalaţia de încălzire.

Analizînd structura investiţiilor pentru diferite mărimi de puncte termice, s-a ajuns la concluzia că mărimea optimă este în jur de 5 Gcal/h.

Referatul *,,Considerente asupra instalării de putere de vîrf şi de rezervă în CET''*, de ing. N. Vasilescu, pleacă de la faptul că concepţia actuală de realizare a centralelor de termoficare conduce la debite instalate ale cazanelor de abur mult mai mari decît la centralele de condensaţie corespunzătoare.

Instalarea unor cazane de abur de joasă presiune sau de apă fierbinte care să poată acoperi, la limită, consumul termic la vîrf, permite folosirea cazanelor de înaltă presiune pentru producerea de putere electrică în condensaţie, în unităţi anume prevăzute.

Regimul de exploatare propus, din considerente economice, permite producerea de putere de vîrf, la vîrful de consum electric, prin renunţarea — pentru o scurtă perioadă de timp — la termoficare, la vîrful de consum termic şi printr-o mai bună utilizare a cazanelor în afara vîrfului termic.

La centralele existente, soluţia se poate realiza prin supraechipare pe partea de cazane de presiune redusă şi montare de turbine de condensaţie cu rezultate economice la nivelul centralelor cu turbine cu gaze.

Pentru centrale noi se propune realizarea unor turbine speciale care permit producerea căldurii necesare în regim de contrapresiune şi producerea de energie în condensaţie, la nivelul celor mai bune CTE.

Cu privire la problema folosirii maşinilor electronice de calcul în construcţiile energetice se menţionează referatul : *,,Folosirea maşinilor electronice de calcul la proiectarea structurilor unor construcţii energetice''*, de ing. N. Posea şi matematician M. Brădescu, în care sînt prezentate metodele de calcul al structurilor prin aproximaţii succesive, scoţîndu-se în evidenţă avantajele ce le prezintă variantele metodei deplasărilor faţă de variantele pornind de la metoda eforturilor, atît pentru calculul cu rigla, cît şi pentru calculul cu ajutorul maşinilor electronice cifrice.

Se stabileşte că metoda generală a deplasărilor este cea mai indicată pentru utilizare la maşini electronice, deoarece necesită mai puţine date de introdus în maşini decît alte metode şi în plus calculul acestor date este foarte simplu. Pe această bază s-a sistematizat programarea pentru a obţine direct momentele încovoietoare la capetele barelor.

Pentru rezolvarea sistemelor de ecuaţii la maşină prin iteraţii, se propune folosirea, ca matrice de iteraţie, a matricei t^2 (t — matricea coeficienţilor de transmitere), care conduce la o sporire importantă a rapidităţii de convergenţă a iteraţiilor, faţă de cazurile uzuale cînd se foloseşte matricea t.

Se arată că folosirea matricei t^2 conduce la stabilirea unor coeficienţi de suprarelaxare, care pot fi aplicaţi cu mare eficienţă pentru sporirea rapidităţii de convergenţă la calculul într-o singură etapă a cadrelor cu noduri deplasabile.

În referatul *,,Studii teoretice şi experimentale privind fundaţiile încastrate pentru LEA''*, prezentat de ing. A. Vaicum, se expune, pe baza unei analize amănunţite a materialului experimentat din ţară şi străinătate, o metodă nouă de calcul, bazată pe presiunile-limită ale terenului de fundaţie.

Pentru verificarea rezultatelor teoretice au fost executate în ţară un număr important de încercări în terenuri diferite, cu variaţii importante de umiditate şi tipuri diferite de fundaţii (prismatice, forate şi injectate, burate etc.). De asemenea, rezultatele au fost comparate cu o serie de încercări executate în alte ţări (Franţa, Germania, Suedia, Elveţia etc.) şi în terenuri cu structuri diferite (argile, nisipuri etc.).

Tipurile de fundaţii încercate au fost calculate atît cu metoda nouă propusă, cît şi cu alte metode, utilizate astăzi în diferite ţări (U.R.S.S., Franţa, Germania, Elveţia etc.).

Analiza comparativă a rezultatelor teoretice obţinute a arătat că noua metodă prezintă cele mai apropiate rezultate de cele experimentale, deşi volumul de studii de teren şi laborator a fost mult mai redus, şi se realizează în medie o economie de materiale de 20—25 %.

*

Pe marginea referatelor prezentate s-au purtat discuţii interesante şi ample, la care au participat un număr de invitaţi din M.M.E.E. şi întreprinderile dependente (TCME, ISPH, UPDE, IRME şi întreprinderile regionale de electricitate), Institutul de energetică al Academiei R.P.R., Centrul de documentare al Academiei R.P.R., Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R., institute de învăţămînt superior, C.S.P., fabrici constructoare de echipament energetic etc. Discuţiile au contribuit la precizarea unor probleme ştiinţifice, tehnice şi economice şi au scos în evidenţă aspectele mai interesante şi mai actuale ale subiectelor tratate.

Au fost premiate 12 referate (cîte trei pentru fiecare secţie de specialitate).

În general, lucrările acestei sesiuni au arătat importantele progrese realizate în domeniul concepţiei energetice, atît în tratarea de ansamblu a problemelor complexe, cît şi în direcţia specializării pe probleme de detaliu.

În acelaşi timp a rezultat o remarcabilă intensificare a preocupării proiectanţilor din ISPE pentru problemele de cercetare şi de introducere a soluţiilor tehnice moderne.

În continuare se redă lista tuturor referatelor ţinute în cadrul sesiunii.

Sisteme energetice

1. Ing. P. Dimo, membru corespondent al Academiei R.P.R.
   Caracterul special al soluţiilor pe echivalente tipizate REI, pentru formula de pierderi.
2. Ing. P. Militaru şi ing. R. Bena
   Unele probleme din teoria reţelelor deduse şi generalizate pe cale matricială.
3. Ing. G. Manolescu şi ing. N. Bordeianu
   Considerente asupra treptelor de tensiune utilizate în reţelele de transport şi distribuţie din R.P.R.
4. Ing. V. Nitu şi matematician M. Brădescu
   Folosirea calculului statistic şi probabilistic la studiul unor probleme privind dezvoltarea sistemelor energetice
5. Ing. L. Groza
   Formule practice de calcul pentru fenomene de reglaj, variaţii de tensiune şi parametri frecvenţă-putere ai sistemelor energetice
6. Ing. P. Dimo, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. G. Moraite şi ing. St. Hückert
   Calculul curenţilor de scurtcircuit cu determinarea simultană a schemelor REI şi a imaginilor nodale
7. Ing. P. Iancovici, ing. M. Bogan, ing. St. Hückert şi ing. B. Ungureanu
   Studii şi rezultate în legătură cu utilizarea maşinilor electronice de calcul CIFA
8. Ing. L. Groza
   Aspecte legate de introducerea maşinilor de calcul în probleme de planificare a reţelelor
9. Ing. N. Mişu şi ing. I. Furman
   Eficienţa economică a uzinelor hidroelectrice din R.P.R.

Partea electrică a instalaţiilor electroenergetice

10. Ing. C. Negreanu şi ing. M. Popa
    Stabilirea parametrilor principali ai echipamentului de comandă, măsură şi semnalizare în condiţiile sistemului electroenergetic al R.P.R.
11. Ing. P. Columbeanu şi ing. L. Orendi
    Protecţia prin relee a reţelelor de înaltă tensiune cu derivaţie
12. Ing. H. Segal şi ing. N. Petre
    Reducerea timpilor de funcţionare sub defect a instalaţiilor electroenergetice
13. Ing. B. Stoleru, ing. J. Sfartz şi ing. S. Birjaru
    Analiza evoluţiei tipizării staţiilor de transformare
14. Ing. M. Nistor, ing. M. Vintilescu, ing. R. Zbarcea şi ing. M. Marinescu
    Evoluţia proiectării părţii electrice a centralelor termoelectrice mari în R.P.R.
15. Ing. M. Stein, ing. D. Liber şi ing. R. Coposu
    Probleme actuale în legătură cu alimentarea serviciilor interne ale centralelor termoelectrice
16. Ing. E. Constantinescu
    Considerente asupra alegerii izolatoarelor pentru liniile electrice aeriene folosind statistica matematică
17. Ing. C. Petrescu şi ing. I. Chiriţă
    Coordonarea coeficienţilor de siguranţă a diferitelor elemente constructive ale liniilor electrice aeriene
18. Ing. T. Dobrin, ing. P. Raşcu, ing. M. Vintilescu şi ing. D. Voinea
    Considerente în legătură cu proiectarea şi realizarea staţiilor de transformare de foarte înaltă tensiune în R.P.R.
19. Ing. I. A. Badea, ing. N. Mirea, ing. M. Semedrea şi ing. P. Silvestru
    Evoluţia automatizării în centralele termoelectrice mari din R.P.R.
20. Ing. D. Romanescu şi ing. I. Curelea
    Automatizarea cazanelor de abur la centralele electrice din R.P.R.

Partea termomecanică a instalaţiilor electroenergetice şi de termoficare

21. Ing. C. Moţoiu, ing. M. Voinea, ing. C. Petrea, ing. M. Marinescu şi arhitect Al. Dima
    Soluţii adoptate la proiectarea centralei de termoficare Bucureşti-sud
22. Ing. M. Voinea şi ing. M. Beldiman
    Termoficarea oraşului Bucureşti. Realizări şi perspective
23. Ing. I. Săndulescu şi ing. Gr. Halus
    Impurificarea atmosferei prin gazele de ardere de la centralele termoelectrice. Aspecte şi măsuri de combatere în R.P.R.
24. Ing. C. Burducea şi ing. C. Moţoiu
    Probleme în legătură cu dispoziţia degazoarelor în CTE de mare putere
25. Ing. St. Gheorghe
    Influenţa felului combustibilului asupra construcţiei cazanelor de abur
26. Ing. H. Furtunescu, ing. M. Voinea şi ing. M. Beldiman
    Scheme optime pentru punctele termice din reţelele de termoficare
27. Ing. T. Grecu
    Alegerea parametrilor la instalaţiile de turbine cu gaze pentru centrale
28. Ing. A. Florescu
    Pompele termice şi domeniile lor de aplicare în R.P.R.
29. Ing. H. Furtunescu şi ing. N. Niculescu
    Încadrarea cazanelor de apă fierbinte în schemele reţelelor de termoficare
30. Ing. N. Vasilescu
    Considerente asupra instalării de putere de vîrf şi de rezervă în CET

Construcţii

31. Ing. M. Duminicatu şi ing. O. Stavrescu
    Iluminatul de siguranţă în obiecte energetice
32. Ing. V. Marinescu şi ing. M. Stoian
    Aspecte noi în proiectarea CET şi CTE legate de problema reducerii nivelului de zgomot industrial
33. Ing. N. Borza, ing. O. Nedelcu şi ing. Al. Hristoforov
    Stadiul actual al soluţiilor constructive la centralele termoelectrice mari
34. Ing. N. Posea şi matematician M. Brădescu
    Folosirea maşinilor electronice de calcul la proiectarea structurilor unor construcţii energetice
35. Arhitect M. Dumitrescu, ing. Gh. Braşoveanu, ing. D. Chiţu şi ing. Fl. Stănculescu
    Soluţii constructive la centralele industriale de termoficare cu echipament din ţară
36. Ing. N. Velişcu, arhitect M. Iliescu şi ing. M. Deleanu
    Prefabricarea clădirilor pentru staţii şi posturi electrice de transformare
37. Ing. A. Vaicum
    Studii teoretice şi experimentale privind fundaţiile încastrate pentru LEA
38. Ing. E. Bolki, ing. S. Nunweiller şi ing. D. Artănescu
    Tipuri noi de stîlpi din beton centrifugat precomprimat pentru linii electrice aeriene
39. Ing. E. Bolki, ing. M. Olaru şi ing. Gh. Calianu
    Elemente din beton armat centrifugat pentru cadrele şi suporţii de aparataj din staţii exterioare de 110—220—400 kV
40. Ing. T. Gereb
    Contribuţii la proiectarea fundaţiilor subacordate pentru turbogeneratoare

Ing. **Emil Constantinescu**

---

recenzii

N. GHEORGHIU şi P. MILITARU. **Reţele electrice rurale.** Editura tehnică, 1964, 439 p., 240 fig., 37 tabele, 23 anexe.

La Editura tehnică a apărut de curînd cartea „Reţele electrice rurale", de conf. ing. N. Gheorghiu şi ing. P. Militaru, care cuprinde problemele legagate de proiectarea şi execuţia instalaţiilor de electrificare rurală de medie şi joasă tensiune.

Instalaţiile electrice din mediul rural, prin specificul lor, pun o serie de probleme a căror tratare şi rezolvare se pot face în mod judicios, atunci cînd experienţa acumulată în acest domeniu, atît din ţară cît şi din străinătate, este la îndemîna personalului tehnico-ingineresc angrenat în opera de electrificare a ţării.

Cartea „Reţele electrice rurale" umple un gol în literatura tehnică de specialitate din ţara noastră şi tratează la un înalt nivel tehnic problemele legate de realizarea în cele mai bune condiţii a instalaţiilor electrice din mediul rural, astfel ca acestea să fie cît mai ieftine şi mai sigure în exploatare.

În capitolul 1 — *Introducere* — după o scurtă prezentare a importanţei electrificării rurale şi evoluţiei sale la noi în ţară, se trece la tratarea elementelor de bază ale reţelelor electrice din mediul rural, făcîndu-se o sinteză asupra specificului acestor reţele. În continuare se clasifică reţelele electrice rurale după felul curentului, tensiunii şi configuraţiei. Se arată tensiunile reţelelor electrice rurale, sistemele de distribuţie a reţelelor electrice rurale, configuraţia reţelelor electrice rurale şi particularităţile distribuţiei energiei electrice la sate. Datorită aşezării consumatorilor din mediul rural, densitatea de sarcină este mică, iar reţelele electrice de medie tensiune sînt foarte lungi. În această situaţie, prezintă o deosebită importanţă realizarea reţelelor electrice din mediul rural cu preţuri specifice cît mai reduse. Totodată, mărirea eficienţei economice a reţelelor electrice rurale se obţine şi prin reducerea cheltuielilor de exploatare. Această reducere se obţine printr-o preocupare permanentă de a încărca liniile electrice, crescînd numărul de abonaţi, mărind consumul de energie pe abonat casnic şi introducînd pe scară cît mai largă folosirea energiei electrice în procesele de producţie agricolă.

— În capitolul 2 — *Calculul parametrilor şi schemelor echivalente ale reţelelor electrice* — se tratează în mod clar şi concis modul de determinare a parametrilor reţelelor: rezistenţa, reactanţa inductivă a liniilor cu conductoare din metale neferoase şi a conductoarelor de oţel, conductanţa şi capacitatea. În continuare se tratează modul de determinare a parametrilor transformatoarelor, rezistenţa, reactanţa inductivă, conductanţa şi susceptanţa inductivă, folosindu-se mărimile cunoscute : putere, tensiune, pierderi active în cupru şi fier şi curentul de magnetizare.

Aceşti parametri fiind determinaţi şi cunoscînd schemele echivalente ale liniilor şi transformatoarelor, se poate trece la determinarea pierderilor de tensiune şi putere în reţele.

În capitolul 3 — *Calculul termic al reţelelor electrice rurale* — se dau la început temperaturile admisibile pentru conductoare şi cabluri în regim normal şi de scurtcircuit. Se tratează apoi succint încălzirea conductoarelor şi cablurilor în regim permanent şi în regim de scurtcircuit. Tot în acest capitol se tratează importanta problemă a alegerii siguranţelor fuzibile pentru protecţia conductoarelor şi cablurilor. Se defineşte în primul rînd valoarea I_a — curent limită de topire — şi valoarea I_{fn} — curent nominal al siguranţei — şi se dau caracteristicile amper-secunde pentru fuzibile. Se prezintă metodele de alegere a siguranţelor în diverse situaţii întîlnite în practică.

Capitolul 4 cuprinde *calculul pierderilor de putere şi de energie în reţelele electrice rurale.* După ce se arată importanţa problemei pentru economicitatea exploatării reţelelor electrice, se tratează inteligibil şi concis pierderile de putere şi energie în linii şi transformatoare.

Pentru determinarea pierderilor de energie se dau mai multe metode şi se insistă asupra metodei de calcul al pierderilor de energie cu ajutorul mărimii τ, durata pierderii maxime de putere, dîndu-se în acest scop curba de variaţie a lui τ în funcţie de numărul de ore de utilizare a puterii active maxime T_p.

Capitolului 5 — *Calculul pierderilor de tensiune în reţelele electrice rurale* — i se dă o importanţă deosebită, avînd în vedere că menţinerea tensiunii la bornele receptoarelor în limitele admisibile este o problemă de bază a distribuţiei energiei electrice. În mod sugestiv se arată felul cum variază tensiunea la consumatori, de-a lungul unei linii de 15 kV, şi cum trebuie folosite ploturile transformatoarelor pentru ca tensiunea la receptoare să nu depăşească limitele admisibile. Pe baza acestor consideraţii se dau valorile căderilor de tensiune, cu care este economic să se proiecteze reţelele electrice din mediul rural, şi anume :

— linii de medie tensiune 6, 15, 20 kV de distribuţie, 10%;

— linii de joasă tensiune de distribuţie, 7—8%;

— instalaţii interioare în case de locuit, 3%.

În continuare, în acest capitol se tratează la nivel superior şi foarte explicit calculul căderilor de tensiune în reţelele electrice rurale, precum şi determinarea secţiunii conductoarelor, plecînd de la căderile de tensiune admisibile. Un spaţiu mai larg este rezervat calculului reţelelor trifazate cu sarcini nesimetrice, ţinînd seamă de specificul reţelelor electrice rurale.

În capitolul 6 — *Conductoarele liniilor aeriene rurale de energie electrică* — după o prezentare a sarcinilor mecanice ale conductoarelor liniilor aeriene, în conformitate cu prescripţiile pentru construcţia liniilor peste 1000 V, de care trebuie să se ţină seamă la proiectare, se tratează calculul mecanic al conductoarelor.

Acest capitol se încheie cu calculul săgeţilor şi tracţiunilor de montare a conductoarelor.

Capitolul 7 prezintă *stîlpii liniilor electrice aeriene rurale.* La acest capitol autorii au sintetizat o bogată experienţă, care a fost cîştigată la noi în ţară în ceea ce priveşte proiectarea şi execuţia stîlpilor liniilor electrice. Capitolul este deosebit de valoros, avînd în vedere că în 60 de pagini se prezintă complet problemele legate de stîlpii liniilor electrice aeriene. În prima parte a capitolului se dau toate elementele privind alegerea tipului de stîlp, determinarea înălţimii lui, stabilirea coronamentului şi alegerea deschiderii liniilor aeriene. În continuare se tratează ipotezele de dimensionare a stîlpilor şi calculul forţelor exterioare care acţionează asupra stîlpilor. Un spaţiu important este rezervat dimensionării şi confecţionării stîlpilor de lemn, care reprezintă în electrificarea rurală o pondere importantă faţă de alte tipuri de stîlpi folosite la construcţia liniilor electrice de joasă tensiune. Ultima parte a acestui capitol este rezervată stîlpilor de beton armat şi metalici. În special, stîlpii de beton armat au o largă utilizare la reţelele electrice aeriene, fiind aproape exclusiv folosiţi la liniile de medie tensiune la electrificări rurale. Totodată, se dau caracteristicile stîlpilor de beton armat centrifugat şi beton vibrat, care se folosesc în prezent la noi în ţară.

În capitolul 8 — *Fundaţiile liniilor electrice rurale* — sînt prezentate tipurile constructive ale fundaţiilor liniilor electrice. Fundaţiile liniilor din mediul rural trebuie să permită o execuţie cît mai rapidă, cu utilaje uşoare, cu transporturi reduse de materiale, iar preţul lor să fie cît mai redus. Fundaţiile realizate din elemente prefabricate sînt cele mai indicate în lucrările de electrificări rurale. Se tratează în continuare calculul fundaţiilor încastrate direct în pămînt şi calculul fundaţiilor de beton.

În capitolul 9 — *Izolatoare, armături şi cleme pentru linii electrice rurale* — se descriu şi se dau caracteristicile izolatoarelor, armăturilor şi clemelor pentru liniile electrice rurale. În încheierea capitolului se tratează problemele legate de modul judicios în care trebuie să se aleagă izolatoarele, armăturile şi clemele liniilor electrice.

În capitolul 10 — Reglarea tensiunii în reţelele electrice rurale — se dau la început elementele de apreciere a calităţii tensiunii. Pe lîngă valoarea „abaterea maximă", au fost introduşi doi indici noi pentru determinarea obiectivă a calităţii tensiunii ; abaterea medie a tensiunii de la valoarea ei nominală şi abaterea medie pătratică pe o perioadă de timp. Totodată, pentru a caracteriza mai bine variaţia tensiunii în jurul valorii ei medii, se foloseşte o noţiune nouă, dispersia tensiunii.

Utilizarea dispersiei pentru aprecierea calităţii tensiunii modifică modul de apreciere a situaţiei tensiunii într-o reţea, aşa cum sîntem obişnuiţi pînă acum, deoarece ea se referă atît la ansamblul consumatorilor alimentaţi de o instalaţie analizată, cît şi la un interval de timp lung. Pentru măsurarea valorilor medii şi medii pătratice ale abaterilor sînt construite aparate de măsură speciale.

Reglarea tensiunii în reţelele din mediul rural, așa cum arată autorii, este o problemă deosebită, care trebuie tratată de la caz la caz cu cea mai mare fineţe tehnică. În carte se dau metodele de a găsi soluţia optimă pentru fiecare caz în parte. Atenţia este reţinută de modul de reglare a tensiunii prin transformatoare. Această metodă de reglare a tensiunii în reţelele rurale este folosită pe scară foarte largă. Reglarea tensiunii cu ajutorul transformatoarelor, fie manual, fie automat, este deosebit de importantă pentru repartiţia tensiunilor în diferite puncte ale reţelelor, în funcţie de sarcină, ca şi utilizarea cît mai corectă a prizelor transformatoarelor din posturile de transformare. O altă metodă, care se indică a fi folosită la reglarea tensiunii în reţelele rurale, este reducerea circulaţiei de putere reactivă, prin montarea de baterii de condensatoare în derivaţie, fie individual, fie centralizat pe grupe de consumatori sau la barele staţiilor de transformare.

O metodă nouă, care în ultimii ani a fost aplicată în reţelele de medie tensiune, este folosirea bateriilor de condensatoare în serie. Această metodă de reglare este superioară metodelor cunoscute și aplicate la noi în ţară şi constă în aceea că realizează un reglaj continuu, autoregulator, cu un răspuns instantaneu fără inerţie. Din comparaţia făcută asupra compensării longitudinale, faţă de compensarea transversală, rezultă, în cazul reţelelor de medie tensiune, că puterea condensatoarelor serie, pentru obţinerea unei anumite creșteri de tensiune, reprezintă 17—25 % din puterea necesară în cazul folosirii condensatoarelor paralel.

La capitolul 11 — *Racorduri de joasă tensiune la sate* — se tratează condiţiile tehnice și realizarea constructivă a acestora. În funcţie de condiţiile locale, racordurile de joasă tensiune se pot executa în mai multe feluri. Aceste racorduri sînt în majoritate monofazate şi se pot executa cu suport pe acoperiş sau fără suport, cu stîlp intermediar sau fără stîlp intermediar.

Autorii propun ca la sate să se utilizeze conductoare de oţel de 3 mm diametru pentru aceste lucrări.

În capitolul 12 — *Posturi de transformare în reţelele electrice rurale* — autorii stabilesc în primul rînd criteriile pe care trebuie să le aibă instalaţiile menţionate. Tendinţa actuală este ca posturile de transformare din mediul rural să fie cît mai simple şi robuste. În majoritatea cazurilor posturile se execută pe stîlpi de beton sau mai rar de lemn. În ceea ce priveşte aparatajul de protecţie, se arată că este indicat să se monteze la aceste instalaţii siguranţe selective între înaltă şi joasă tensiune. Tendinţa modernă este ca pe înaltă tensiune transformatorul să se lege direct la reţea, considerîndu-se că acesta este un aparat robust, iar protecţia contra supratensiunilor și defectelor în reţeaua de joasă tensiune se realizează cu siguranţe montate numai pe partea de joasă tensiune a postului.

Capitolul 13 — *Sistemul mixt de distribuţie*. O preocupare permanentă a autorilor este de a indica soluţii care comportă investiţii reduse. După părerea autorilor, sistemul de distribuţie obișnuit nu este raţional utilizat la reţelele electrice rurale. Sistemul trifazat are dezavantajul că reţelele sînt la început supradimensionate faţă de cererile de putere. Folosirea sistemului de distribuţie mixt este avantajoasă în sensul că derivaţiile la posturile de transformare care alimentează consumatorii de lumină sînt monofazate. În acest fel, reţeaua este simplă și se pot construi mai multe posturi de transformare pe suprafaţa unei localităţi rurale, reducîndu-se în mod substanţial secţiunea și numărul conductoarelor de joasă tensiune, ceea ce conduce la importante economii de investiţii pentru electrificarea unei localităţi.

Capitolul 14 — *Sistemul de distribuţie folosind pămîntul drept conductor*. Tot pe linia reducerii eforturilor de investiţii, autorii tratează în acest capitol adoptarea soluţiei tehnice a folosirii pămîntului drept unul din conductoare. Acest sistem poate fi aplicat la liniile trifazate sub formă de sistem două conductoare pămînt (DCP), la linii monofazate UCP. Liniile realizate sub acest sistem folosesc pămîntul ca un conductor. În continuare se analizează problemele specifice acestui sistem și modul lor de rezolvare.

În final se analizează comportarea în exploatare a reţelelor DCP construite la noi în ţară. Concluziile autorilor asupra comportării acestor reţele în exploatare sînt favorabile extinderii acestui sistem la reţelele de electrificări rurale, avînd în vedere economiile importante care se pot realiza.

Capitolul 15 — *Sistemul de distribuţie de medie tensiune folosind tensiunea intermediară de 1 kV*. În urma unor realizări concrete ale autorilor, se introduce la localităţile rurale cu suprafaţă întinsă tensiunea intermediară de 1 kV. În acest capitol se recomandă ca la proiectarea reţelelor rurale să se ia totdeauna în considerare acest sistem de distribuţie.

Soluţia a fost aplicată la electrificarea comunei Hălchiu, din regiunea Braşov, unde s-au folosit tensiunile de 15 și 1 kV, lucrare care a permis să se facă economii importante de investiţii.

În continuare se analizează problemele legate de folosirea tensiunii intermediare de 1 kV, precum şi soluţionarea economică a acestora.

La capitolul 16 — *Proiectarea reţelelor electrice rurale* — se dă în mod rezumativ metodologia de care autorii recomandă să se ţină seama la întocmirea proiectelor. În primul rînd se arată modul în care este bine să se compare variantele din punct de vedere tehnico-economic.

Metoda de calcul preconizată de autori constă în determinarea pentru fiecare variantă a cheltuielilor de investiţii și a cheltuielilor anuale.

După ce se stabileşte soluţia de principiu la faza de studiu tehnico-economic, se întocmeşte proiectul de execuţie a lucrării, care cuprinde memoriul justificativ, documentaţia economică și planurile de execuţie.

La sfîrşitul cărţii se dau o serie de anexe, care cuprind caracteristicile importante ale conductoarelor, liniilor, transformatoarelor, încărcările maxime admisibile pentru diferite elemente și altele.

După parcurgerea întregii cărţi ,,Reţele electrice rurale'' se desprinde ca o concluzie generală că această lucrare a reușit să pună la îndemînă cititorilor o sinteză a experienţei în electrificarea rurală din ţara noastră, avînd în vedere că autorii înșiși au contribuit direct la realizarea Planului de electrificare.

Îmbinarea deosebit de reuşită a aspectelor teoretice, prezentate la cel mai înalt nivel tehnic, cu elementele practice, absolut necesare activităţii de zi de zi a proiectării, construcţiei şi exploatării reţelelor rurale, face ca lucrarea conf. ing. N. Gheorghiu și ing. P. Militaru să fie deosebit de utilă pentru ducerea mai departe a operei de electrificare rurală de la noi din ţară.

Ing. **Petre Stan**

DOCUMENTARE

Energetică generală

Morasca, N. **Calculul energiei electrice care poate fi produsă de o centrală electrică eoliană într-un amplasament dat.** Riv. meteorol. aeronaut **24** (1964), nr. 1, p. 35—37.

Se prezintă centrala electrică eoliană de la Palermo, intrată în funcţiune în 1962. Se dau principiile de calcul al productivităţii unei CEE. Astfel, în cazul CEE de la Palermo se arată că au fost suficiente datele privind viteza vîntului luate de două ori pe zi, la orele 6 şi 18. Calculele comparative au arătat că în cazul luării în considerare a observaţiilor orare privind vitezele vîntului rezultă o putere disponibilă cu numai 5% inferioară.

d.bf.

Landmann, K. **Centrale electrice eoliene.** Elektro-Anz. Ausg. ges. Ind. **17** (1964), nr. 7, p. 39—42.

Se analizează perspectivele utilizării centralelor electrice eoliene pentru alimentarea cu energie electrică a micilor consumatori, ca : radioemiţătoare, faruri pentru navigaţie, antrenarea pompelor de apă etc. În prima parte a articolului se dau pe scurt bazele teoretice ale rotorului eolian ideal, noţiuni asupra regimului vîntului, clasificarea instalaţiilor eoliene, problema reglajului frecvenţei şi tensiunii în cazul funcţionării în paralel a unor CEE în cadrul unei reţele de curent continuu sau alternativ.

În continuare se trec în revistă realizările în domeniul CEE din diferite ţări : a) în R.F.G. se găsesc în fabricaţie curentă CEE cu puteri unitare cuprinse între 3 şi 50 kW, cît şi o CEE experimentală de 100 kW, echipată cu un generator sincron. Producţia anuală a CEE în funcţiune în R.F.G. este de 300 000 kWh ; b) puterea instalată în CEE de puteri unitare mari din Danemarca este de 500 kW, producţia celor 80 CEE în funcţiune echivalînd pentru perioada 1940—1947 cu 18 mil. kWh (numai în 1943—3,2 mil. kWh). CEE experimentală de 200 kW recent realizată are o productivitate anuală de 600 000 kWh ; c) în R.P. Ungară este în curs de realizare o CEE de 200 kW, menită a funcţiona în paralel cu sistemul energetic ; d) în Japonia a fost elaborat un microgrup electroeolian cu acumulator de 2,1 kW, cu un rotor de 7 m diametru.

Într-o serie de ţări se utilizează CEE pentru alimentarea cu energie electrică a staţiilor de protecţie catodică anticorosivă a conductelor magistrale. Sînt analizate cinci tipuri de CEE cu puteri cuprinse între 1 şi 50 kW realizate în U.R.S.S.

d. bf.

Hesse, E. **Funcţionarea combinată a centralelor electrice eoliene cu centrale hidroelectrice de acumulare prin pompare.** Maschinenmarkt **70** (1964), nr. 17, p. 36—38.

Se analizează funcţionarea unei centrale electrice eoliene (CEE) în cadrul unui sistem energetic în care există şi centrale hidroeletrice de acumulare prin pompare. CEE sînt oportune în zonele muntoase cu valori ale vitezelor medii ale vîntului importante. CEE se echipează cu generatoare asincrone.

În cazul unui sistem energetic izolat, ele pot fi echipate cu generatoare sincrone cu comanda de la distanţă, iar centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompare cu generatoare asincrone pentru puteri unitare mici ale turbinelor. Se subliniază oportunitatea CEE în cazul alimentării cu energie electrică a unor întreprinderi industriale cu procese electrochimice, pentru desalinizarea apei marine şi pentru irigaţii. Se indică date privind potenţialul energetic eolian mondial. 1% din acest potenţial reprezintă $3{,}84 \cdot 10^{12}$ kWh, din care CEE pot utiliza $2{,}33 \cdot 10^{12}$ kWh, sau pe cap de locuitor circa 1 000 kWh/om şi an. În zonele optime, viteza medie de calcul multianuală a vîntului poate fi considerată $v_{med} = 8$ m/s.

d.bf.

Electroenergetică

Iurenkov, V. D. şi Eibin, V. I. **Îmbunătăţirea capacităţii de separare a separatoarelor de diferite tipuri în gama 35—220 kV.** Elecktriceskie stanţii **35** (1964), nr. **5**, p. 46—53.

Se arată rezultatele obţinute la separatoarele de tip obişnuit la care s-a montat un dispozitiv de suflaj al arcului în scopul de a mări capacitatea lor de deconectare a transformatoarelor în gol, a liniilor în gol şi a unor mici curenţi de sarcină.

Tipul separatorului	Capacitatea de deconectare (conectare)			
	Linii în gol (km)	Transformatoare în gol	Curent de egaliz. (punere în paralel linii sau transformat.) pt. U const. 0,1 U_n (A)	Sarcina (MVA)
RLN — 35 RLND—35 OD 35	Orice lungime de linie care intervine în practică	Orice putere care intervine practic	Pînă la 180	Pînă la 4,5
RLN—110 RLND—110 OD—110	Pînă la 250	Idem	Idem	Pînă la 7—10
OD—220	Pînă la 250	Idem	Idem	—

În tabela de mai sus sînt arătate rezultatele obţinute. Datele referitoare la sarcina ce poate fi deconectată cu separatorul mai necesită verificări ulterioare.

Economia ce rezultă la o staţie de 110 kV cu două transformatoare de 60 MVA şi două linii de alimentare dacă se instalează separatoare cu suflaj este de ordinul a 50 000 ruble.

a.r.

Sisman, D. V. **Descărcătoare cu rezistenţă neliniară pentru protecţia faţă de supratensiuni a neutrelor transformatoarelor de 110—220 kV care în mod normal trebuie legate la pămînt.** Elektriceskie stanţii **35** (1964), nr. 6, p. 38—40.

În prezent pentru protecţia neutrelor transformatoarelor cu izolaţie degresivă se folosesc în reţele de 110 kV descărcătoare RVS—35, iar în reţele de 220 kV descărcătoare RVS — 60 sau RVS—110. Aceste descărcătoare sînt solicitate mai des decît descărcătoarele conectate la fazele active şi s-a constatat, din rezultatele exploatării, că tipul de descărcător RVS nu este satisfăcător şi se distruge des. S-a constatat că în timpul tensiunii de restabilire ce apare după scurtcircuit în reţea, tensiunea pe neutru poate să crească pînă la (0,7—1) U_{fv}, iar tensiunea de stingere a descărcătorului RVS — 35 este de abia 0,55 U_{fv}. Se recomandă utilizarea descărcătoarelor de tip RVM cu suflaj magnetic, în locul celor RVS, şi dezvoltarea unor noi tipuri de descărcătoare avînd o tensiune de stingere egală cu tensiunea maximă pe fază şi un coeficient de impuls micşorat.

a.r.

Penescu, C. **Unele metode pentru automatizarea complexă în sistemele energetice.** E.T.Z. Tom **85** (1964), nr. 5, p. 147—153.

Metodele actuale de automatizare a sistemelor energetice se adresează separat menţinerii constante a tensiunii cu asigurarea repartiţiei puterii reactive şi menţinerii constante a frecvenţei cu repartiţia puterii active. Cele mai avansate metode de automatizare complexă a sistemelor energetice, pornind de la aceste premise, nu pot asigura funcţionarea sistemului la randament global maxim.

În articolul recenzat, autorul, după ce trece în revistă metodele existente de automatizare a sistemelor energetice, propune un sistem de automatizare mixt frecvenţă — tensiune.

Într-adevăr — se arată în articol — menţinerea constantă a tensiunii cu regulatoare de tensiune foarte precise, aşa cum se face astăzi în toate centralele electrice, este o reminiscenţă din timpul cînd centralele electrice deserveau direct consumatorii. Actualmente, consumatorilor li se asigură foarte rar tensiune constantă, întrucît ei sînt alimentaţi de la staţii prin transformatoare care în multe cazuri nu au reglare automată de tensiune ; or, tocmai la consumatori trebuie să se menţină o tensiune constantă.

Metoda propusă de prof. C. Penescu permite să se asigure simultan funcţionarea centralelor la consum minim de combustibil cu acea circulaţie de puteri pe linii care să determine pierderi minime şi menţinerea tensiunii şi frecvenţei constante în limite strînse.

Ea constă în comanda — prin calculator numeric central — simultan a valorii sarcinii active de pe agregatele energetice, cu valoarea tensiunii la bornele agregatelor.

Aceasta se face printr-un sistem de generatoare funcţionale de tip analogic cu comandă în circuit închis a nivelelor de tensiune şi deci a puterilor reactive, simultan cu nivelul de putere activă la frecvenţă constantă.

În acest fel, tensiunea pe barele centralei este fluctuantă în raport cu sarcina, însă la consumator tensiunea va rămîne constantă prin reglajul automat sub sarcină a transformatoarelor din staţii.

Prin caracterul original al acestei metode, care reprezintă o treaptă superioară faţă de cele cunoscute şi aplicate în prezent, autorul aduce o contribuţie însemnată la ameliorarea funcţionării sistemelor energetice interconectate.

Pentru ţara noastră, soluţia propusă este deosebit de importantă şi considerăm că trebuie studiată posibilitatea aplicării ei în automatizarea sistemului energetic naţional, problemă de frunte a planului de dezvoltare a economiei naţionale. *s.f.*

Termoenergetică

Roth, H. **Metodă termică pentru determinarea debitelor de fluid prin conducte.** Combustion, 1963, nr. 3 (sept.), p. 33—36.

La verificarea curgerilor prin conducte, se pune adesea în practică problema determinării debitelor reale de fluid. Astfel, cînd se dimensionează schimbătoare de căldură de mare capacitate, fluxul agentului de răcire se divide într-un număr mare de curenţi paraleli. Este necesar ca alimentarea cu apă în fiecare ţeavă să fie cît mai uniformă, altfel unele din ţevi s-ar putea supraîncălzi, ceea ce duce la distrugerea lor.

Această egalizare s-ar putea face numai experimental, metodele clasice de măsurare a fluxurilor fiind de cele mai multe ori inaplicabile. Singura metodă, cunoscută pînă în prezent, de măsurare a fluxurilor prin conducte, fără a influenţa fluxul însuşi, este folosirea izotopilor radioactivi. Această metodă prezintă dificultăţi practice, şi anume :

—pentru a asigura o măsurare mai exactă, este necesară utilizarea unor izotopi de mare activitate ;

— fluxul contaminat nu poate fi evacuat direct în canalizare ;

— măsurările la ţevi paralele implică măsuri speciale pentru împiedicarea influenţării reciproce ;

— măsurări simultane implică folosirea unui număr mai mare de contoare, care sînt relativ scumpe.

S-a propus o metodă nouă, principial înrudită, în care însă fluidul, a cărui viteză de trecere prin ţeavă se măsoară, nu este un fluid cu izotopi, ci apă caldă de 50°C, care se adaugă la un moment dat fluxului de apă rece. Cu termocuple de înaltă precizie şi sensibilitate se măsoară timpul de trecere între două repere ale „valului” de fluid cald. Au fost puse la punct aparatele necesare şi s-a constatat că metoda dă o precizie de măsură de 5 %, perfect suficientă scopului propus.

a.m.

* * * **Simposion privind atacul hidrogenului.** Combustion, 1963 nr. 4 (oct.), p. 20—26.

Cu toate măsurile din ce în ce mai perfecţionate care se iau pentru a se asigura apei de alimentare a cazanelor şi apei de adaos calitatea cea mai potrivită, fenomenele de coroziune sînt departe de a fi stăpînite. Astfel, atacul hidrogenului asupra metalului ţevilor cazanului este un fenomen extrem de complex, condiţiile apariţiei sale în exploatare fiind foarte diferite de la un caz la altul. Aspectul chimic al acestui fenomen, care poate duce la avarii importante, se poate rezuma în următoarele :

Atacul hidrogenului, cu fragilizarea caracteristică a metalului pe care o produce, are loc în zonele în care s-a produs în prealabil o coroziune vizibilă în timpul funcţionării. Etapele care se parcurg pînă la distrugerea datorită fragilizării aparente sînt :

— apa de cazan reacţionează cu metalul după un proces complex, dar care poate fi prins în formule cunoscute ;

— o parte din hidrogenul care rezultă din reacţie se dispersează în abur, pe cînd o parte pătrunde în oţel şi difuzează spre exterior ;

— pe drumul său prin oţel, hidrogenul întîlneşte carbonul cu care reacţionează producînd metan ;

— molecula de metan, care nu mai poate trece prin oţel, ca atomul de hidrogen, mult mai mic, rămîne prinsă în locul unde se formează, în special la limitele dintre cristalele de ferită şi perlită (fier cu carbură de fier) ;

— carbonul difuzează din carbura de fier prin fier, pînă în punctele unde este consumat pentru formarea metanului ;

— acumularea metanului dă solicitări locale ridicate între feţele cristalelor ;

— formîndu-se din ce în ce mai mult metan, feţele de separare ale cristalelor sînt depărtate, formînd fisuri microscopice ;

— după formarea unui număr suficient de fisuri, ligamentele de oţel care au mai rămas nu mai pot rezista şi se formează o fisură macroscopică pe linia fisurilor microscopice formate anterior ;

— la examinare, oţelul avariat prezintă zone de decarburizare, uneori cu grăunţe detaşate de perlită, alteori cu dispariţie completă a carburii de fier.

La cazane, majoritatea fisurilor microscopice şi macroscopice caracteristice atacului hidrogenului au loc în zone în care temperatura oţelului este de 315 — 510°C. De asemenea, s-a putut constata că nici una din substanţele chimice care intervin în prepararea sau finisarea apei de cazan nu constituie un factor determinant pentru producerea sau împiedicarea atacului hidrogenului.

Formele sub care se prezintă însă acest fenomen sînt extrem de variate ca intensitate, frecvenţă, loc de amplasare în cazan şi condiţii fizico-chimice în care se desfăşoară. Se cunosc cazuri în care în aceeaşi centrală, cu cazane exploatate în acelaşi mod, numai o singură unitate a suferit atac de hidrogen, ceea ce pare cu totul inexplicabil. Din toate cazurile cunoscute şi examinate se poate deduce că atacul hidrogenului însoţeşte întotdeauna coroziunile chimice şi va putea fi evitat sau limitat, evitînd coroziunile interioare ale suprafeţelor cazanelor.

a.m.

Moore, A. S. **Luarea probelor de praf în turbina cu gaze arzînd praf de cărbune.** Combustion, 1963, nr. 4 (oct.), p. 28—30.

Se fac încercări pentru punerea la punct a arderii prafului de cărbune, la o turbină cu gaze cu ciclu deschis, cu puterea de 1500 kW.

Pentru proba de 1500 ore, prevăzută pentru această turbină, este necesar să existe date precise privind caracteristica prafului la intrarea în turbină, precum şi în gazele evacuate. A fost necesar, pentru intrarea în turbină, să se conceapă un aparataj special care să determine cantitatea de praf, dimensiunile particulelor şi viteza gazului. Luarea probelor va fi continuă timp de 24 ore pe zi, pe o perioadă de 12...20 săptămîni, în timpul cărora nu se poate face nici o revizie sau modificare la aparatajul de luat probe.

Locul de luare a probelor este una din cele două conducte, de 478 mm, care duc gazele de ardere cu particule de praf de la camera de ardere pînă la turbină. Temperatura gazelor va fi în acest punct de 705...812°C şi presiunea de 4,95... 5,60 kgf/cm².

Instalaţia de preluare a probelor constă dintr-o conductă cu un diametru de 12,7 mm din oţel inoxidabil. Ajutajul de preluare va fi din oxid de titan şi duce la un filtru extern. Împreună cu tubul de preluare a probelor este cuplat un tub pilot, ambele fiind protejate cu o cămaşă răcită cu apă. Ambele conducte se deplasează într-o mişcare alternativă pe un diametru al conductei în 15, 30, 45, 60 sau 120 min. Deplasarea pe diametru şi inversarea sensului de deplasare sînt automatizate. Pentru punerea la punct a instalaţiei au fost făcute încercări cu un dispozitiv pilot, alimentat separat cu gaze de ardere produse de gaz natural şi cu praf de cenuşă. S-au putut face următoarele constatări:

— ajutajul de preluare nu a prezentat nici o erodare sau semne de şoc termic;

— filtrul reţine mai mult de 99% din praf; căderea de presiune era sub 85 mm H_2O;

— sistemul permite obţinerea unei probe reprezentative, cu o abatere medie de ± 6,4%.

Pentru preluarea probelor la ieşirea din turbină nu a trebuit dezvoltat un aparataj special. În schimb, nu este posibil să se facă încercări pe o instalaţie pilot înainte de pornirea turbinei. Totuşi, vor putea fi efectuate calibrările şi reglajele necesare în timpul funcţionărilor preliminare ale turbinei, cînd se va utiliza motorină.

a.m.

Baker, R. A. şi Soldan, H. M. **Experienţa de exploatare la 1050°F şi 1100°F a conductelor din oţel austenitic.** Combustion, 1963, nr. 5 (nov.) p. 24–28.

Funcţionarea cazanelor cu parametri foarte ridicaţi a ridicat problema dacă oţelurile austenitice existente pot fi considerate corespunzătoare din punct de vedere tehnic şi economic. De exemplu, în S.U.A. există astăzi un total de 25 grupuri turbogeneratoare în centrale electrice, care utilizează oţeluri austenitice pentru conductele principale de abur, pentru conductele spre ventilele de reglaj al turbinei, pentru aceste ventile, pentru ajutaje sau pentru carcasele interioare. De asemenea, supraîncălzitoarele cazanelor care alimentează aceste turbine sînt confecţionate din oţeluri austenitice. Puterea totală a unităţilor este de 5045 MW, temperaturile fiind de 565, 583, 601°C şi o unitate cu 629°C. Materialul care a fost utilizat în cea mai mare măsură a fost un oţel austenitic cu un conţinut de 18% Cr şi 8% Ni, stabilizat cu cobalt.

După 15 ani de experienţă se pot stabili următoarele măsuri de luat pentru evitarea dificultăţilor în exploatare:

— prevederea unor largi posibilităţi de dilatare termică a traseului;

— evitarea oricăror cauze care ar produce solicitări locale importante;

— instruirea competentă şi supravegherea sudorilor;

— inspecţia atentă a conductelor;

— controlul strict al materialului feritic;

— evitarea inelelor interioare (sub suduri);

— tratament termic corespunzător al sudurilor;

— îmbunătăţirea tehnicii sudurilor;

— metode mai sigure şi mai ieftine de control;

— corelarea proprietăţilor metalului de bază şi de sudură;

— identificarea materialului sensibil la fisurare.

Fisurile au apărut numai lîngă suduri, niciodată în materialul nesudat sau în materialul de sudură. Mecanismul formării acestor fisuri nu este încă clar, însă se pare că compoziţia materialului şi prelucrarea lui sînt elemente principale care determină apariţia lor.

a.m.

Kliacika, B. I. ş.a. **Coroziuni de joasă temperatură ale cazanelor la arderea păcurii cu conţinut ridicat de sulf.** Teploenerghetika nr. 8, 1963, p. 33–38 *.

Arderea păcurii cu conţinut ridicat de sulf se caracterizează prin valoarea ridicată a punctului de rouă (140–145°C) şi prin agresivitatea gazelor de ardere faţă de suprafeţele de joasă temperatură. Folosirea largă din ultimii ani a aditivilor sub formă de praf (în special magnetită) sau sub formă lichidă n-a dus la o protecţie sigură. La o temperatură a aerului la intrare de 80–90°C şi a gazelor de ardere de 160 — 190°C şi cu aplicarea metodei de curăţire prin alice şi de injectare de MgO, durata blocului inferior al preîncălzitorului de aer nu depăşeşte 2 ani; dar chiar şi la temperatura aerului de 95— 100°C, coroziunea este încă intensă, ceea ce se explică parţial şi prin neuniformitatea aerodinamică şi a temperaturii la ieşire din preîncălzitoarele de tip tubular. În mod practic, pentru evitarea corodării intense, trebuie încălzit aerul la intrare pînă la 125–130°C, ceea ce conduce la o valoare inadmisibilă a temperaturii gazelor de ardere (⩾ 185–195°C).

c. d.

Bender Rene, J. **Excesul minim de aer la arderea păcurii.** Power **108** (1964), nr. 3, p. 63–65.

În prezent, în S.U.A. specialiştii din centralele electrice se preocupă de stabilirea excesului minim de aer, la care, fără reconstruiri radicale ale injectoarelor de păcură, să se obţină randamentul maxim al cazanului şi evitarea coroziunilor de joasă temperatură. Ancheta întreprinsă de revista „Power" în interiorul şi exteriorul S.U.A. a dus la următoarele constatări:

Constructorii şi exploatatorii din S.U.A. ai cazanelor de mare producţie recunosc că funcţionarea cu exces mic de aer — sensibil mai scăzut decît cel obişnuit, de 10–15% — are avantaje însemnate; totuşi pînă în prezent nu s-a ajuns la un acord asupra limitei inferioare la care în mod practic să fie rezolvată problema. În Europa, unde se lucrează de cîţiva ani cu excese mici de aer, mai sînt aspecte nu total rezolvate. Totuşi, următoarele concluzii sînt acceptate în general:

1. Deşi intensitatea coroziunii depinde de mulţi factori caracteristici ai cazanului şi ai păcurii, scăderea excesului de aer de la 15 la 5% coboară brusc punctul de rouă, fără să fie necesar vreun fel de modernizare a instalaţiei.

2. Cantitatea de particule solide — — între care şi funinginea — în gazele de ardere creşte; totuşi agresivitatea acestora scade. La majoritatea cazanelor din Anglia şi R.F.G. care lucrează cu excese mici de aer, suprafeţele sînt curate, fără să fie suflate cu aparate speciale.

3. În S.U.A. se consideră ca admisibil excesul de aer de 3 — 6%, căruia îi corespunde $\%O_2 = 0{,}6-1{,}1\%$, la care $\%CO = 0$, şi fără să fie nevoie de modificări importante; pentru cazane noi, constructorii garantează aceste cifre.

4. Reţinerea întreprinderilor din S.U.A. de a coborî excesul de aer sub 3% se explică prin:

— instrumentele de măsură şi de automatizare existente nu garantează funcţionarea la exces sub 3%;

— dintre injectoarele de păcură existente, numai puţine se pretează uşor la adaptările necesare obţinerii unei repartiţii egale şi unei pulverizări fine şi uniforme.

În final se mai arată că efectul de scădere a supraîncălzirii trebuie luat în considerare şi că întreprinderile hotărîte să coboare excesul de aer la 3% intenţionează să încerce ulterior coborîrea pînă la 1–3%.

c.d.

* * * **Centrală echipată cu turboreactoare.** Electrical World, 161, nr. 6, ian. 1964.

La Sewaren va intra în funcţiune în 1965 o centrală cu o putere de 121 MW, care va fi mărită ulterior la 140 MW. Această centrală va fi echipată cu opt turboreactoare şi patru turbine cu gaz cu dublu flux. Drept combustibil se foloseşte gazul natural cu o putere calorifică de 9350 kcal/m³. Consumul specific al centralei este de 3880 kcal/kWh.

g. s.

Roberts, A. G. **Focarul-ciclon BCURA.** Monthly Bull. XXVIII (1964), nr. 1, p. 1–36.

Se analizează ce cărbuni sînt adecvaţi pentru arderea în acest fel de focare, pregătirea şi problemele legate de alimentarea cu cărbune, granularea zgurei, folosirea păcurii drept combustibil auxiliar, necesarul de putere. Deşi focarul-ciclon poate fi comparat cu alte instalaţii de ardere din punctul de vedere al siguranţei şi eficacităţii în exploatare, în Anglia aplicarea pe scară largă a acestui tip de focar pentru centrale clasice a întîrziat.

Datorită intensificării puternice a procesului de ardere ce se realizează în acest focar şi posibilităţii de a arde şi combustibili cu puţine materii volatile, este necesar ca focarului-ciclon să i se acorde un interes deosebit şi pentru centralele cu cicluri abur-gaze şi MHD (magnetohidrodinamic).

g.s.

---

* Vezi şi art. Glaubitz F. din Energie nr. 11, 1962, în care se arată că la un exces de aer ⩽ 1% pericolul de corodare dispare.

Boie, W. **Caracterizarea completă a combustibililor în scopul utilizării calculatoarelor în procesele centralelor.** Energietechnik **14** (1964), nr. 5, p. 196—201.

Se propun pentru combustibili solizi şi lichizi două cifre caracteristice care redau în mod univoc legătura între puterea calorifică şi analiza elementară a combustibilului. Aceste cifre, valabile pentru întreaga gamă a combustibililor sus-arătaţi, permit un calcul simplificat al procesului de ardere, garantînd totodată o precizie mare. Ca date iniţiale sînt necesare numai cunoaşterea puterii calorifice a masei fără cenuşă şi a procentajului de CO_2 din gazele de ardere. Astfel se uşurează mult introducerea în exploatarea centralelor a calculatoarelor de procese termice.

g. s.

Carabogdan, I., Singer, G. şi Pănoiu, N. **Temperaturi caracteristice ale cenuşii şi dependenţa lor de constituenţii chimici ai cenuşii.** Energietechnik **14** (1964), nr. 5, p. 202—206.

Construcţia şi exploatarea focarelor de cazane pentru combustibili solizi depinde foarte mult de comportarea la temperaturi ridicate a masei minerale a combustibilului. Este urmărită, cu ajutorul microscopului de încălzire Leitz, comportarea unui mare număr de cenuşi funcţie de constituenţii lor chimici, analizîndu-se influenţa calitativă şi cantitativă a SiO_2, Al_2O_3, CaO, MgO, Fe_2O_3, Na_2O, K_2O, prin varierea acestor componenţi. Se urmăreşte de asemenea comportarea unor cenuşi sintetice funcţie de analiza chimică a acestora. Bogatul material prelucrat a permis generalizarea şi stabilirea unei metode de determinare a temperaturii caracteristice pe baza compoziţiei cenuşii. Noua metodă elaborată permite stabilirea temperaturilor caracteristice a cenuşii cu o aproximaţie de ± 50°C, reducînd astfel, comparativ cu alte metode, cu mai mult de jumătate limitele de aproximare.

g.s.

Gašparovič, N. **Acoperirea sarcinii de bază într-o ţară în curs de dezvoltare cu ajutorul turbinelor de gaze.** B.W.K. **16** (1964), nr. 5, p. 230 — 234.

Se analizează situaţia Nigeriei — ţară în care puterea totală instalată a fost în 1963 de 217 MW (la 35,3 milioane locuitori şi 874 414 km^2 suprafaţă). Luîndu-se în considerare puterea instalată, creşterea rapidă a necesarului de energie, investiţiile şi timpul lucrărilor de punere în funcţiune, precum şi marile disponibilităţi de gaze naturale ale Nigeriei, s-a hotărît construirea unor centrale cu turbine de gaze, dintre care unele vor funcţiona ca centrale de bază. Factorilor mai sus amintiţi se adaugă şi considerentul că puterile pe agregat, care în ţări industriale pot fi considerate ca adecvate centralelor de vîrf, sînt suficiente pentru agregatele de bază ale ţărilor slab dezvoltate. Centrala ,,Delta'' (amplasată în delta rîului Niger) va intra în funcţiune în 1966 cu două grupuri de 36 MW fiecare (puterea netă 35,5 MW) la temperatura exterioară de 32°, putere ce creşte la 40 MW în cazul scăderii temperaturii la 21°. Abia după 1968, respectiv după intrarea în funcţiune a unei hidrocentrale, centrala Delta va lucra ca centrală de vîrf. Funcţionarea ca grup de bază a avut ca urmare, în cazul turbinei, alegerea pentru partea de înaltă presiune a unui material special, care va asigura o funcţionare de 100 000 ore faţă de cele 10 000 ore obişnuit considerate. Specific instalaţiei este şi răcitorul intermediar aer — aer, folosit prima dată pentru unităţi atît de mari.

g.s.

Lewandowski, H. G. **Cercetări într-o instalaţie experimentală de ardere a cărbunilor săraţi.** Energietechnik, **14** (1964), nr. 5, p. 207—213.

În exploatarea cazanelor, cărbunii săraţi provoacă mari dificultăţi din cauza depunerilor exterioare pe toate suprafeţele schimbătoare de căldură (inclusiv cele ale suprafeţelor auxiliare şi canalelor de evacuarea gazelor la coş). Fenomenul are loc chiar la cărbuni a căror cenuşi au puncte de curgere ridicate (peste 1250°C). Încercările au arătat că o dată cu creşterea temperaturii de ardere, creşte şi conţinutul de alcaline, respectiv depunerile. Circa 5—10% din cenuşă se găseşte în gazele de ardere sub formă de aerosoli.

g. s.

Revista ,,ENERGETICA'', organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon 21.26.03. Administraţia: ,,IPROMIN'' Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: ,,IPROMIN'' — Publicaţiile Tehnice M.M.E.E.. cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5.
Tiparul: Întreprinderea ,,INFORMAŢIA'', Bucureşti — c. 3815.

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

41 401

ÎNTREPRINDEREA ȘANTIER CONSTRUCȚII MONTAJ BRAZI

execută

lucrări de construcții

- GENIU CIVIL
- MONTAJE INDUSTRIALE

pentru instalații tehnologice de:

- RAFINARE
- CHIMIE ANORGANICĂ
- PETROCHIMIE

I.S.C.M. BRAZI • PLOIEȘTI • TEL. 14940 — 41 — 42 — 16781 — 15886

EXECUTĂ prompt lucrări
de întreținere la iluminatul
public cu utilaj mecanizat

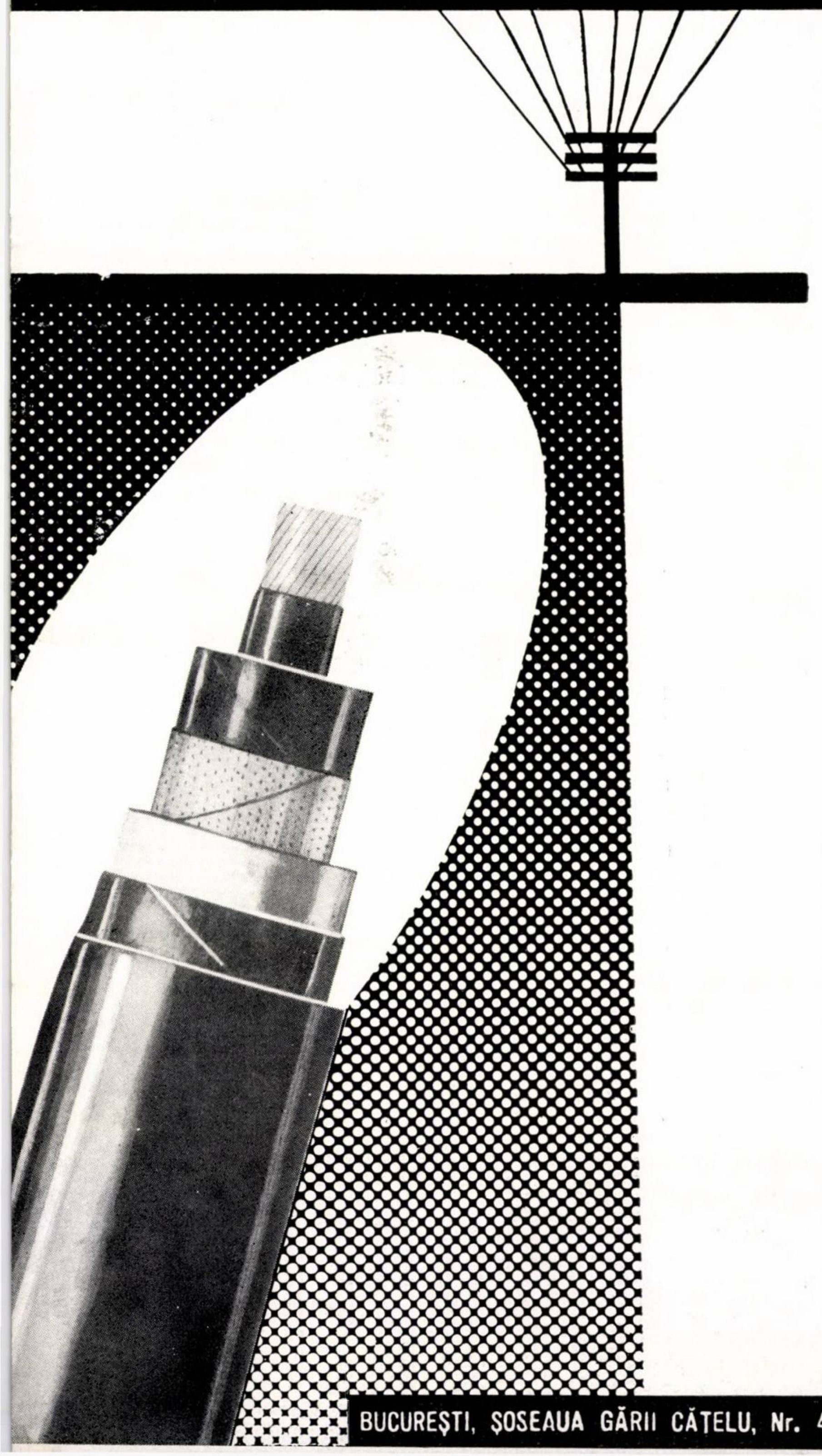
IRE *Brașov*

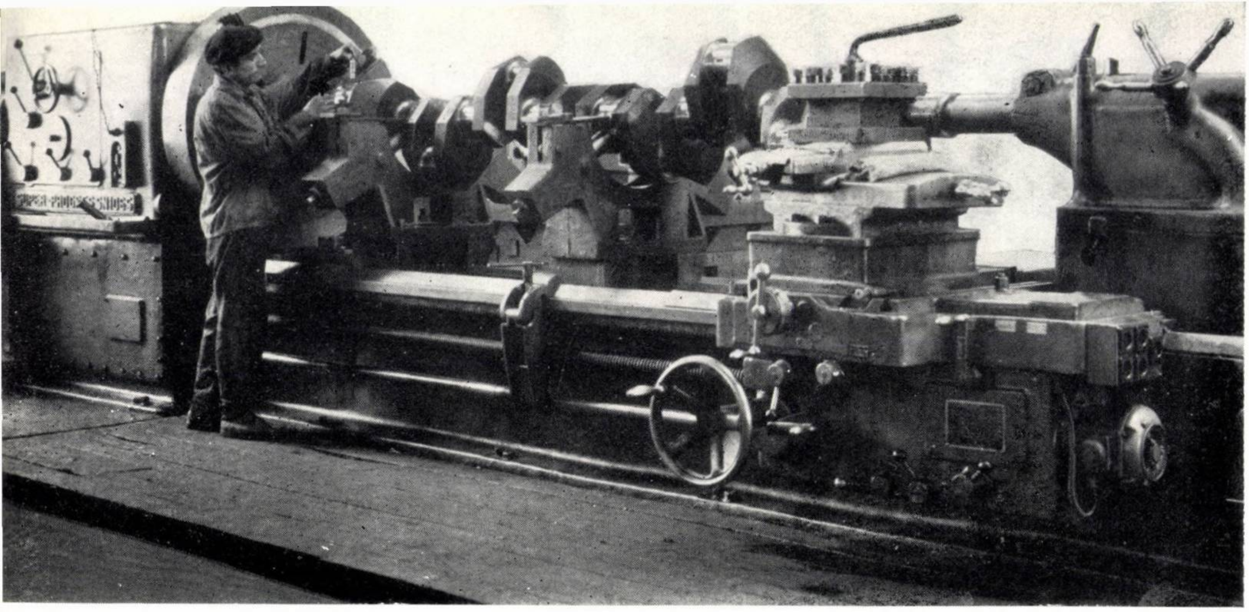
FABRICA DE CABLURI
ȘI
MATERIALE ELECTROIZOLANTE

produce:

- Cabluri de forță cu izolație de hîrtie și mase plastice
- Cabluri de măsură, comandă și control
- Cabluri telefonice
- Conducte electrice pentru instalații fixe și mobile cu izolație din cauciuc și mase plastice
- Conducte pentru telecomunicații
- Produse pe bază de mică
- Lacuri electroizolante
- Conductoare de bobinaj izolate cu email și fire de sticlă

BUCUREȘTI, ȘOSEAUA GĂRII CĂȚELU, Nr. 4 — RAIONUL T. VLADIMIRESCU, Telefon 21.20.10





T 15

Execută reparații medii și capitale la agregate energetice, ca:

- turbine cu abur de orice putere
- generatoare electrice
- motoare Diesel staționare cu puteri peste 200 CP

precum și la instalațiile auxiliare aferente acestora

Acordă asistență tehnică și execută diferite probe, încercări și măsurători privind:

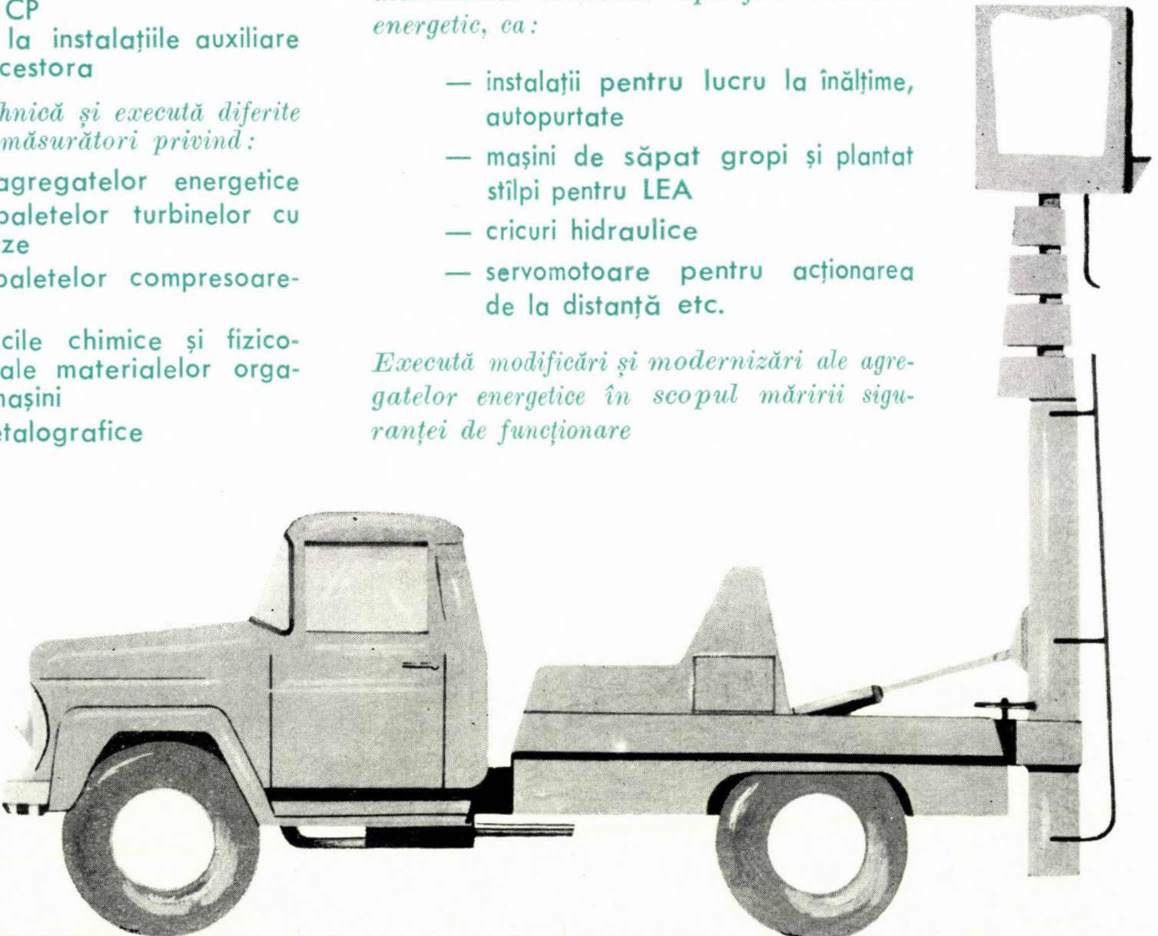
- vibrațiile agregatelor energetice
- vibrațiile paletelor turbinelor cu abur și gaze
- vibrațiile paletelor compresoarelor axiale
- caracteristicile chimice și fizicomecanice ale materialelor organelor de mașini
- analize metalografice

Execută, pe baza proiectelor proprii, o gamă variată de piese de schimb pentru agregate energetice de orice fel

Execută o gamă largă de utilaje pentru mecanizarea lucrărilor specifice sectorului energetic, ca:

- instalații pentru lucru la înălțime, autopurtate
- mașini de săpat gropi și plantat stîlpi pentru LEA
- cricuri hidraulice
- servomotoare pentru acționarea de la distanță etc.

Execută modificări și modernizări ale agregatelor energetice în scopul măririi siguranței de funcționare



BUCUREȘTI
BD. MĂRĂȘEȘTI NR. 2
TELEFON: 23.26.40

MMEE
ENERGO REPARAȚII

M. I. C.

FABRICA DE CĂRĂMIZI ȘI ȚIGLE

MUREȘENI

TÎRGU-MUREȘ

La Fabrica de cărămizi și țigle Mureșeni funcționează din 1964 o linie tehnologică de argilă expandată — granulit.

Această linie tehnologică produce granulit prin procedeul umed și are o capacitate anuală de 110 000 m^3. Granulitul obținut are densitatea de grămadă de 550 — 650 kg/m^3.

Abonați-vă

PENTRU ANUL

1965

la revistele tehnice:

REVISTA MINELOR

ENERGETICA

EDITATE DE MINISTERUL MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE ÎN COLABORARE CU CONSILIUL NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Abonamentele se primesc pe adresa IPROMIN, Calea Victoriei nr. 109
Raionul 30 Decembrie, București, telefon 13.26.45
Contul de virament nr. 040.020.14 — B.I. Filiala București

COSTUL UNUI ABONAMENT ESTE:
— PENTRU INSTITUȚII 100 LEI ANUAL
— PENTRU SALARIAȚI 30 LEI ANUAL

Elektrim

VĂ OFERĂ:

- echipamente pentru centrale electrice și echipamente termotehnice
- mașini electrice de curent alternativ trifazic și monofazic
- transformatoare
- aparataj electric de joasă și înaltă tensiune
- echipamente complete de distribuție de joasă și înaltă tensiune
- echipamente și accesorii pentru tracțiune electrică
- echipamente teletehnice și radiotehnice

- instrumente de măsură electrice și electronice
- echipamente pentru tehnică nucleară
- material de instalații și iluminat
- acumulatoare
- echipamente electrice pentru mine

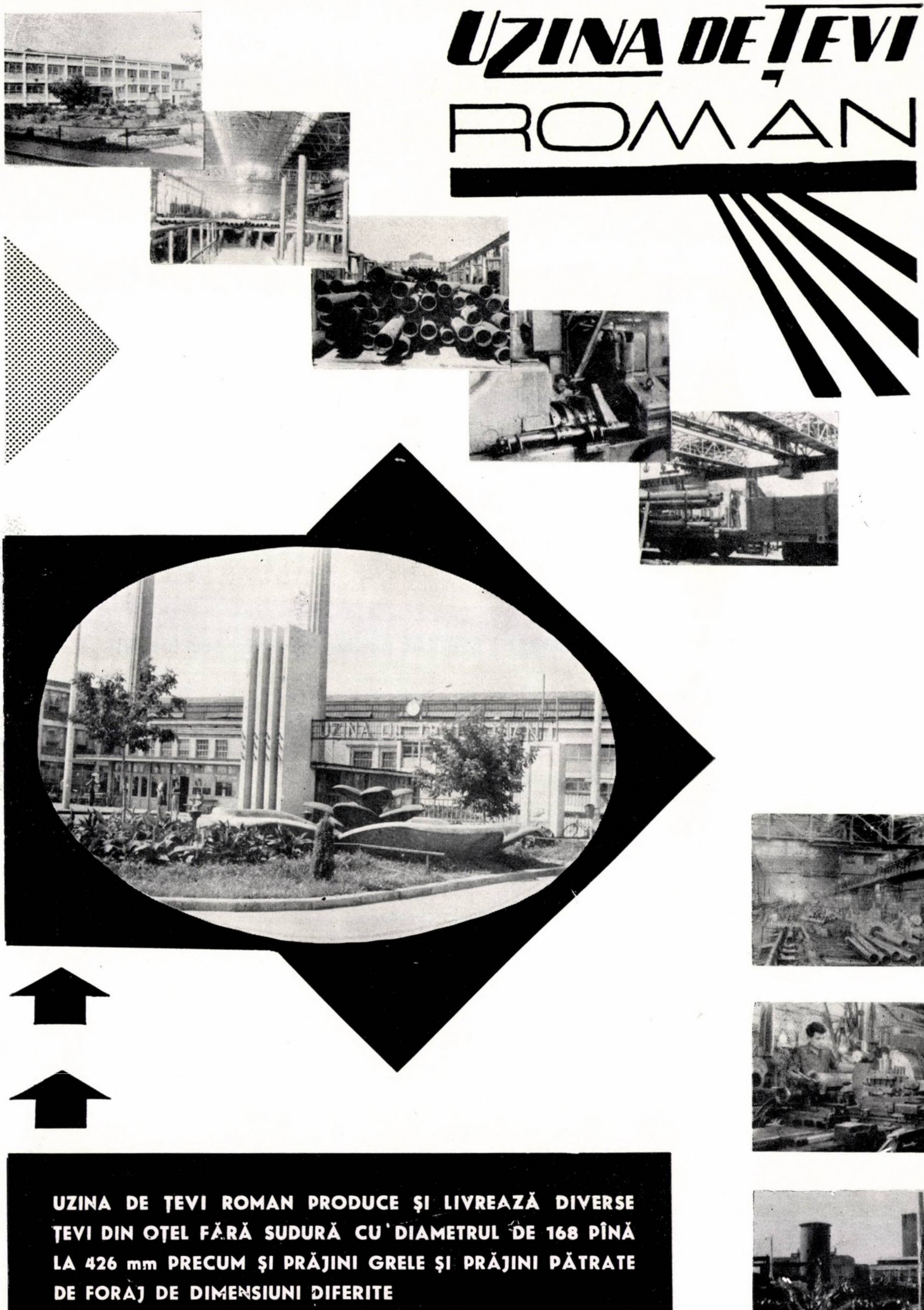
Elektrim

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU COMERȚ EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTRIC

ELEKTRIM

VARȘOVIA — POLONIA
STR. CZACKIEGE 15/17
CĂSUȚA POȘTALĂ: 638 ● TELEX: 81—347



UZINA DE ȚEVI ROMAN

UZINA DE ȚEVI ROMAN PRODUCE ȘI LIVREAZĂ DIVERSE ȚEVI DIN OȚEL FĂRĂ SUDURĂ CU DIAMETRUL DE 168 PÎNĂ LA 426 mm PRECUM ȘI PRĂJINI GRELE ȘI PRĂJINI PĂTRATE DE FORAJ DE DIMENSIUNI DIFERITE

DISTILERIA CHIMICĂ DE LEMN Nr. 2 MARGINA ȘI SECȚIA REȘIȚA

Produce și livrează fără repartiție:

SPUMANTOL

— Agent de spumare și aglomerare a minereurilor neferoase
— Impregnarea lemnului

LAC DE BACHELITĂ

— Izolări de bobinaje la motoare electrice
— Material de impregnare pentru lemn, asbest, mucava
— Lac aplicabil pe suprafețe metalice
— Liant pentru materiale abrazive
— Adeziv în industria periilor

SELAC ARTIFICIAL

— Lac pentru mobilă
— Fabricarea cerii pentru sigilii
— Fabricarea chiturilor
— Material izolant

GUDRON BRUT ȘI GUDRON SPECIAL pentru industria cauciucului

— Ingredient la fabricarea cauciucului
— Liant pentru coloranți și vopsele
— Construcții de drumuri

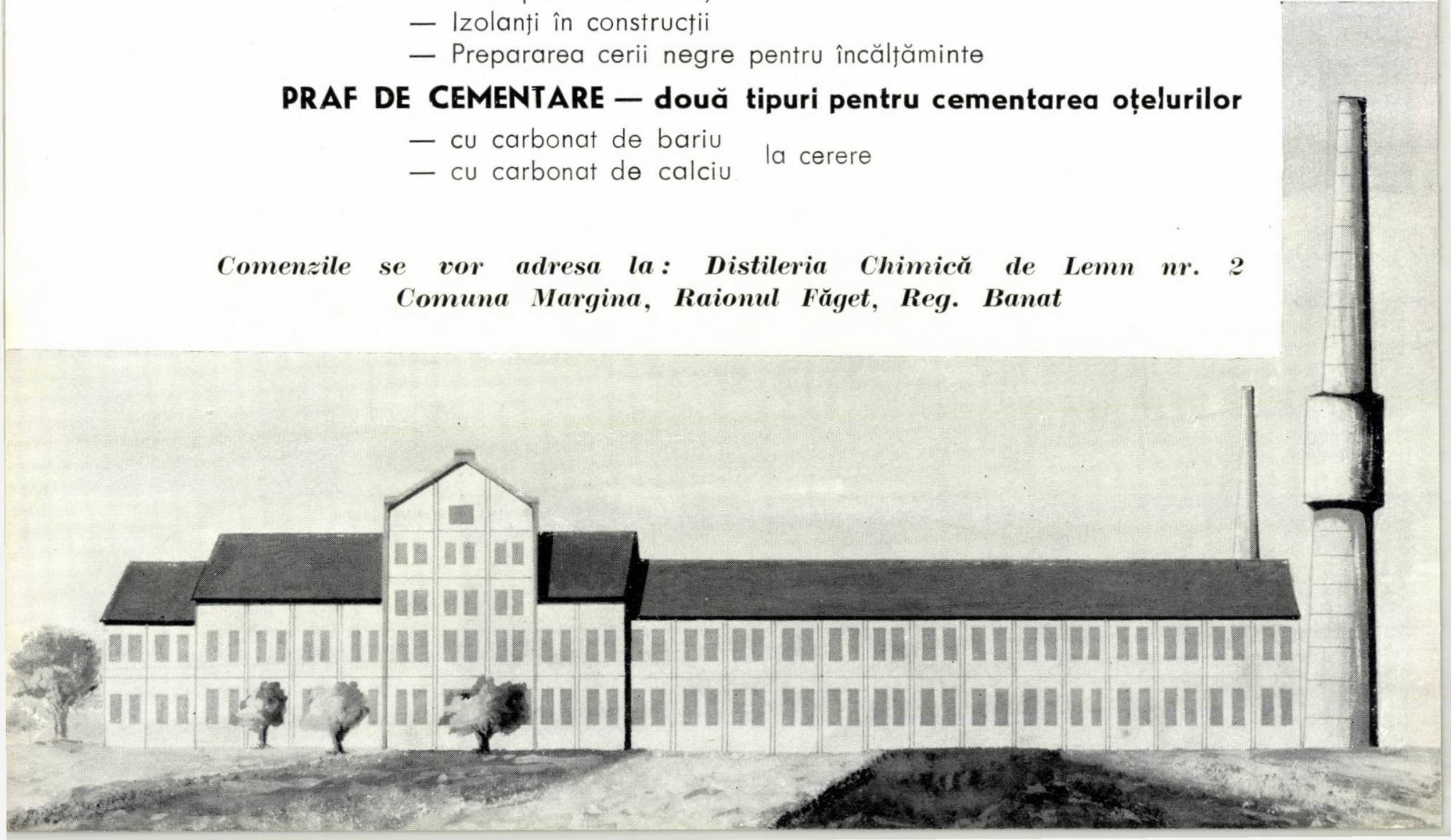
SMOALĂ DE LEMN

— Prepararea vopselelor
— Liant pentru coloranți
— Izolanți în construcții
— Prepararea cerii negre pentru încălțăminte

PRAF DE CEMENTARE — două tipuri pentru cementarea oțelurilor

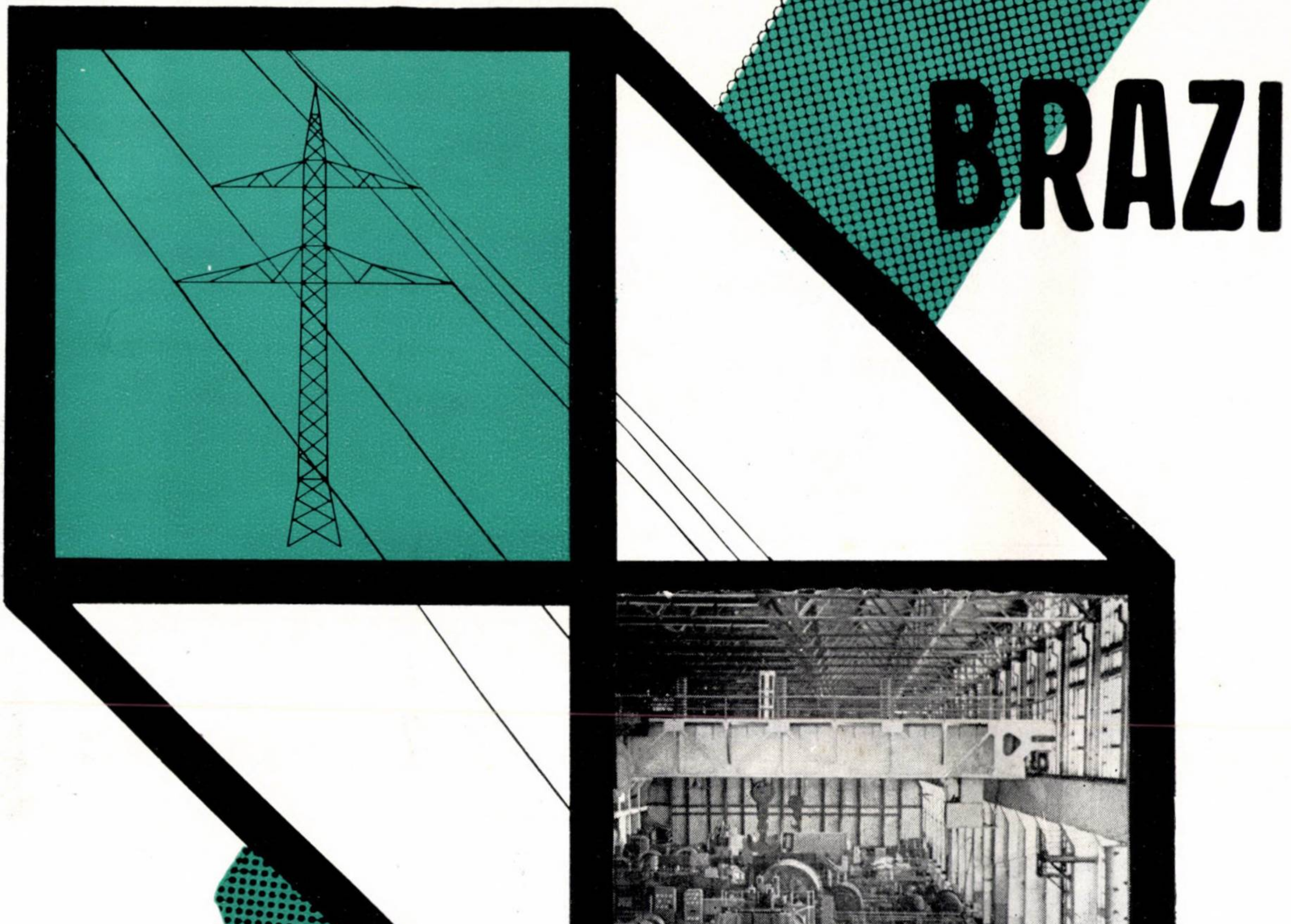
— cu carbonat de bariu
— cu carbonat de calciu
la cerere

Comenzile se vor adresa la: Distileria Chimică de Lemn nr. 2
Comuna Margina, Raionul Făget, Reg. Banat



INTREPRINDEREA CENTRALA TERMOELECTRICA

BRAZI



Întreprindere producătoare de
energie electrică şi termică,
înzestrată cu echipamente
şi instalaţii moderne

ASPECT DE NOAPTE AL INSTALAȚIEI DE ILUMINAT DIN PIAȚA UNIRII - DEVA

I.R.E.H. DEVA

VERIFICAREA CONTORILOR IN LABORATORUL PROPRIU AL I.R.E.H.-DEVA

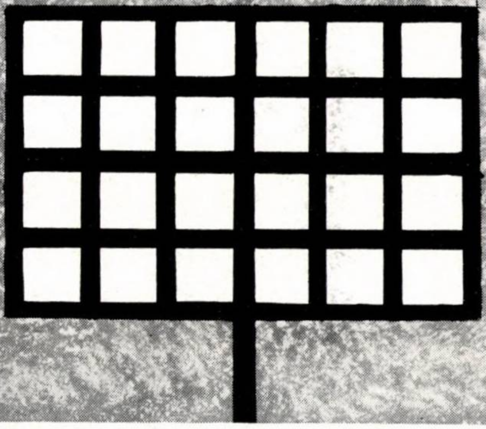
I.R.E. CRIȘANA

ORADEA

REFLECTOARE

DE FABRICAȚIE

LOCALA



ILUMINATUL ARTIFICIAL AL STADIONULUI CRIŞUL — ORADEA

UZINA DE ȚEVI

ROMAN

produce și livrează

- ȚEVI DIN OȚEL FĂRĂ SUDURĂ CU DIAMETRUL DE 168 PÎNĂ LA 426 mm
- PRĂJINI PĂTRATE DE FORAJ DE DIMENSIUNI DIFERITE
- PRĂJINI GRELE

M.I.C.M.

I.C.P.E.

INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

Bucureşti — Bd. T. Vladimirescu 45 — Telefon: 16.41.40 — 16.41.48

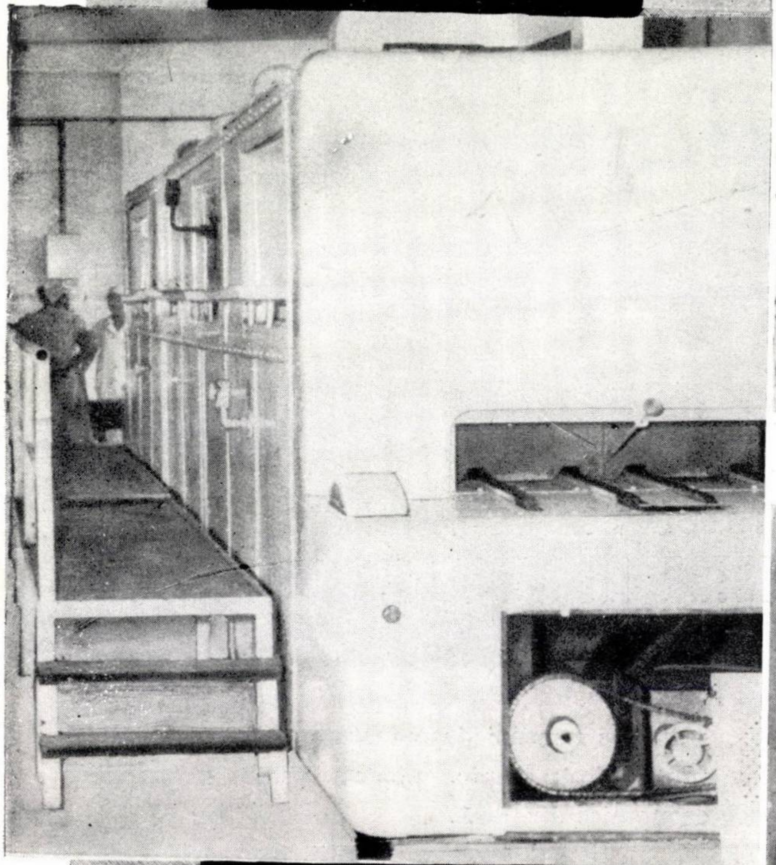
primeşte comenzi de cercetare şi proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din ţară.

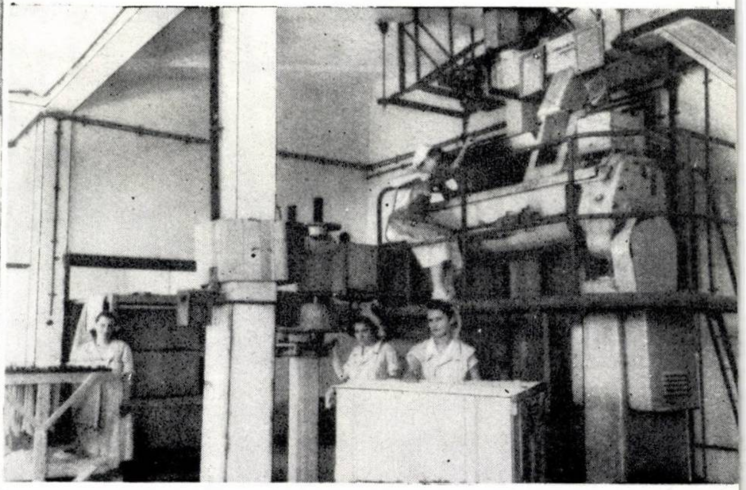
Institutul execută studii, încercări, omologări şi execuţii de prototipuri din domeniul maşinilor şi transformatoareler electrice, aparatelor de joasă şi înaltă tensiune, acţionărilor electrice, schemelor complexe electrice şi electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice, cum şi proiectări pentru uzine şi fabrici cu acest profil.

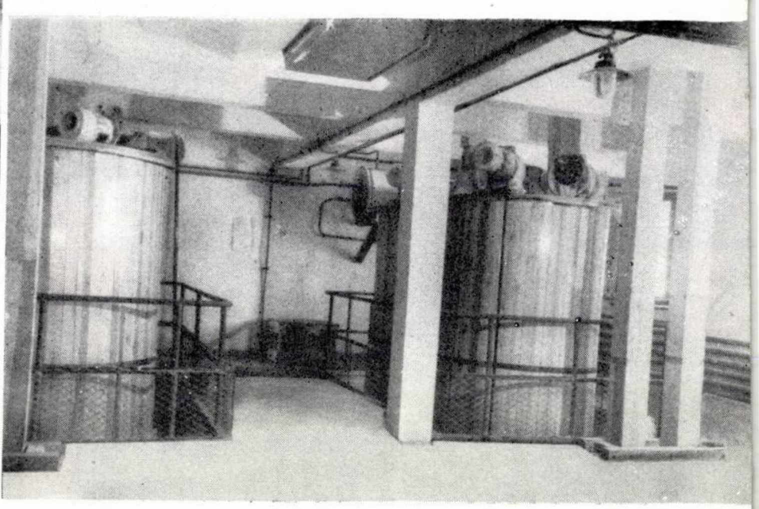
MINISTERUL
INDUSTRIEI
ALIMENTARE

FABRICA DE PASTE FĂINOASE;

BISCUIȚI ȘI PRODUSE ZAHAROAS





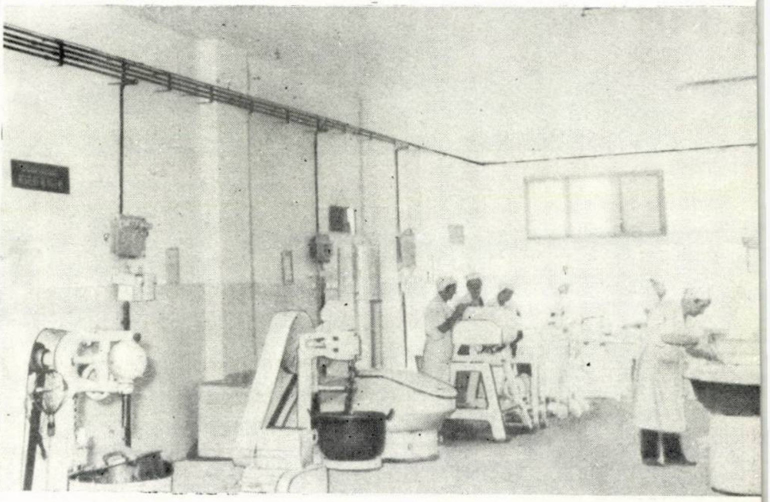


FABRICA DE PASTE FĂINOASE ȘI BISCUIȚI
DUNĂREANA
GALAȚI

ESTE ÎNZESTRATĂ CU MAȘINI MODERNE CU ÎNALT GRAD DE AUTOMATIZARE

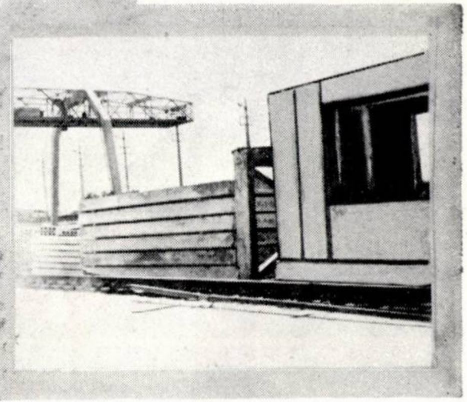
Produce și livrează:

- paste făinoase simple
- biscuiți diferiți
- produse zaharoase și de patiserie

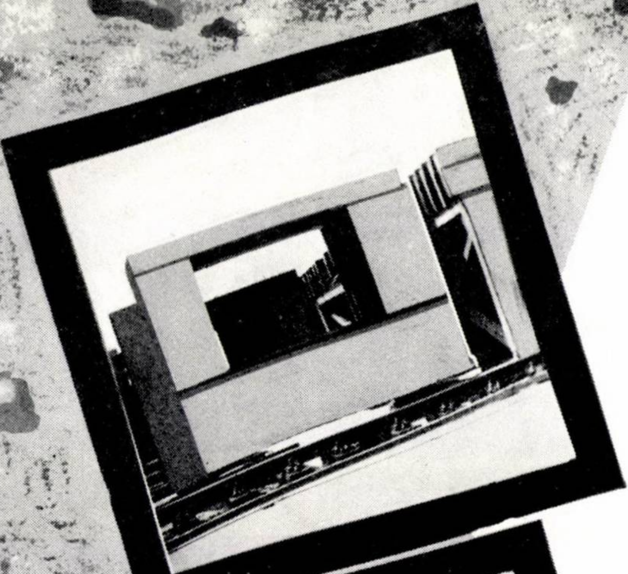


STR. DOGARIEI NR. 131 ◆ TEL. 22.37 ◆ GALAȚI

ÎNTREPRINDEREA DE PREFABRICATE BETON GALAȚI

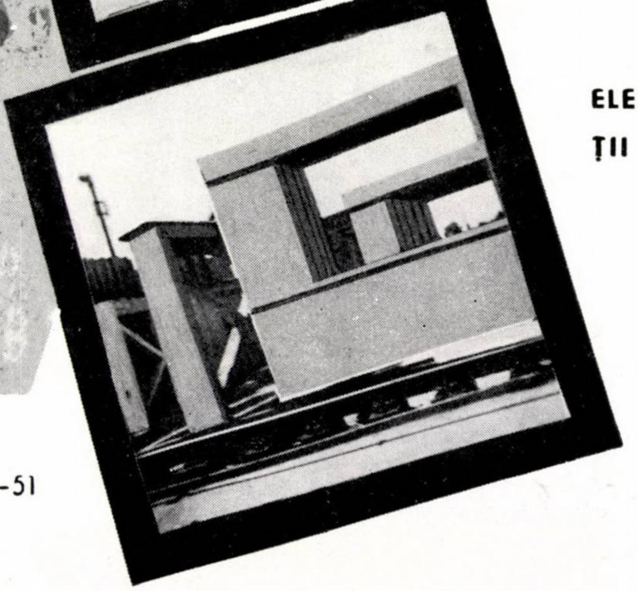


Produce și livrează:



– FÎȘII CU GOLURI PENTRU PLANȘEE LA CONSTRUCȚII DE LOCUINȚE

– ELEMENTE DIN PANOURI MARI PENTRU PEREȚI EXTERIORI LA CONSTRUCȚII DE LOCUINȚE

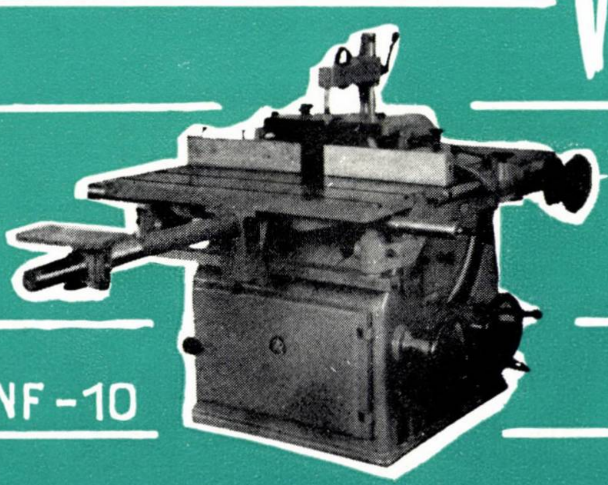


ELEMENTE PENTRU CONSTRUCȚII INDUSTRIALE

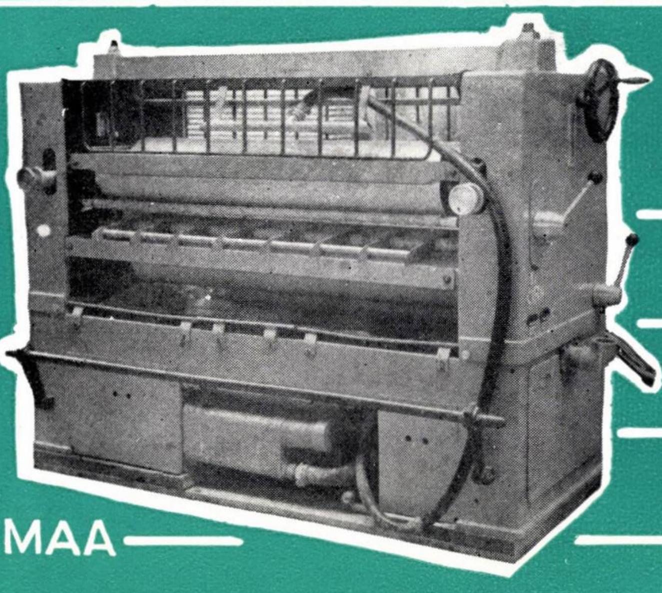
GALAȚI
STR. BAZINUL NOU Nr. 37—51
TEL. 27.39

INTREPRINDEREA MECANICĂ ROMAN

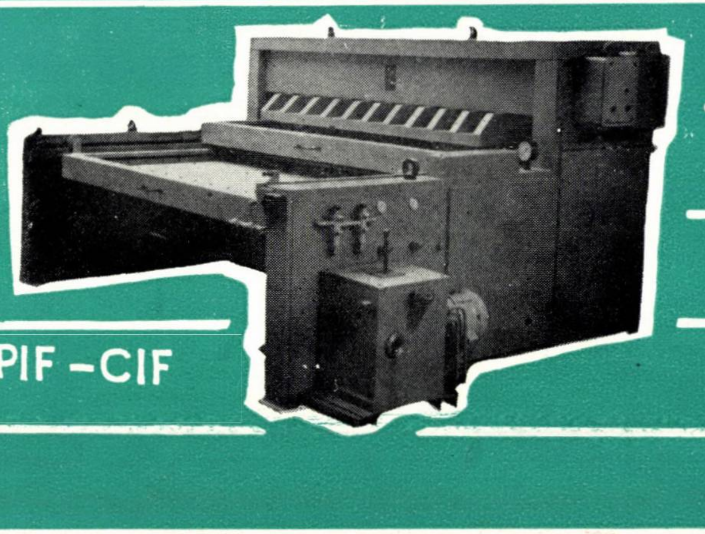
produce



MNF-10



MAA



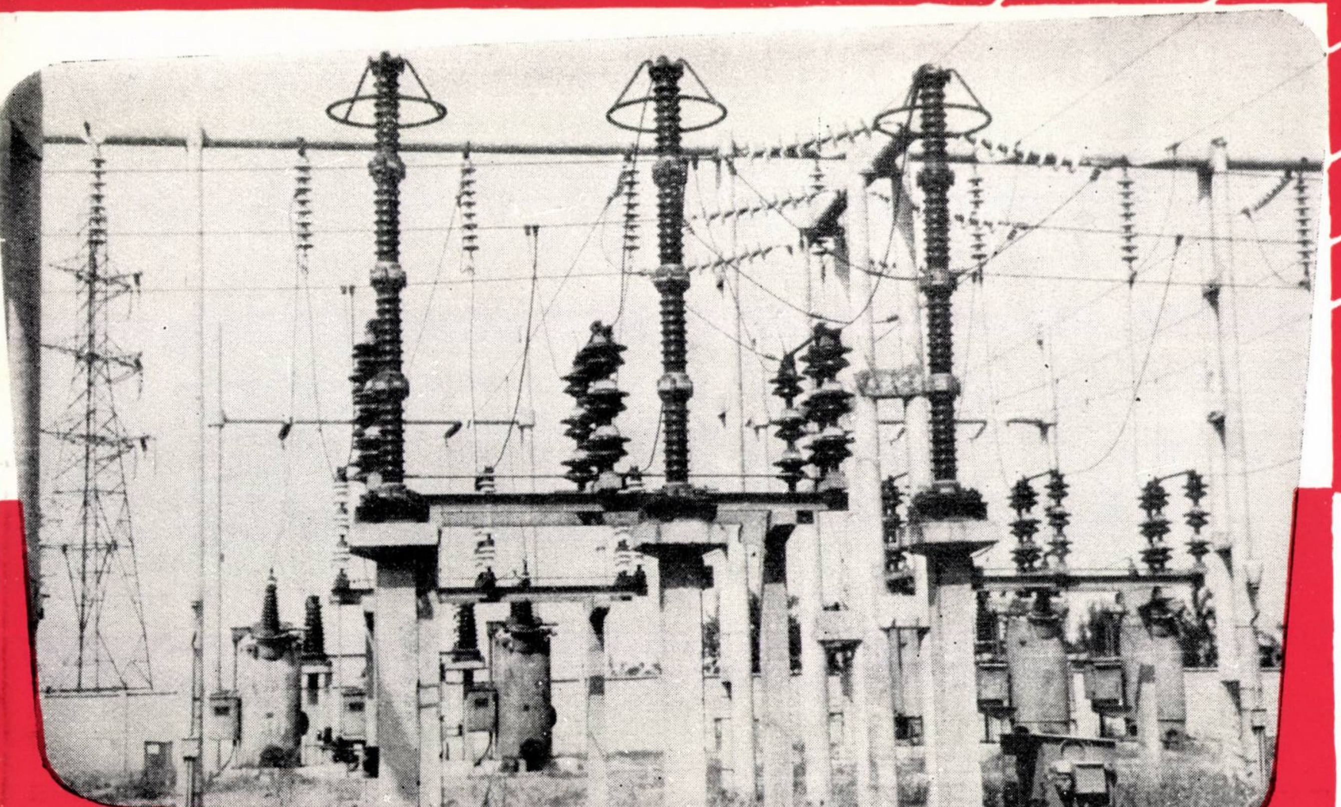
PIF-CIF

mașini unelte *pentru* *prelucrarea lemnului*

- — Mașini de găurit și scobit orizontal tip GSO
- — Mașini de șlefuit cu bandă orizontală tip SBQ
- — Mașini normale de frezat tip MNF-10
- — Ferăstraie cu panglică tip FP-8
- — Mașini de aplicat adezivi tip MAA-13-24-27
- — Mașini de rindeluit la grosime tip MRG-8
- — Mașini de găurit multiplu pentru cepuri rotunde tip GCR
- — Mașini de șlefuit cu 2 și 3 cilindri tip MSC-2 și MSC-3
- — Mașini de șlefuit canturi profilate tip SCP
- — Mașini de cepuit și scobit tip MCS
- — Mașini de îndreptat MI-5
- — Prese de încleiat cu CIF tip PIF-CIF
- — Circulare universale manuale tip CUM-3
- — Ferăstraie circulare duble tip FCD
- — Mașini de frezat cu ax super. tip FAS
- — Strunguri pentru lemn tip SL-2000

INTREPRINDEREA MECANICĂ
ROMAN
STR. ȘTEFAN CEL MARE NR. 258
TELEFON 1700

STAȚIE DE 110 kV



Intreprinderea regională de electricitate

Galați

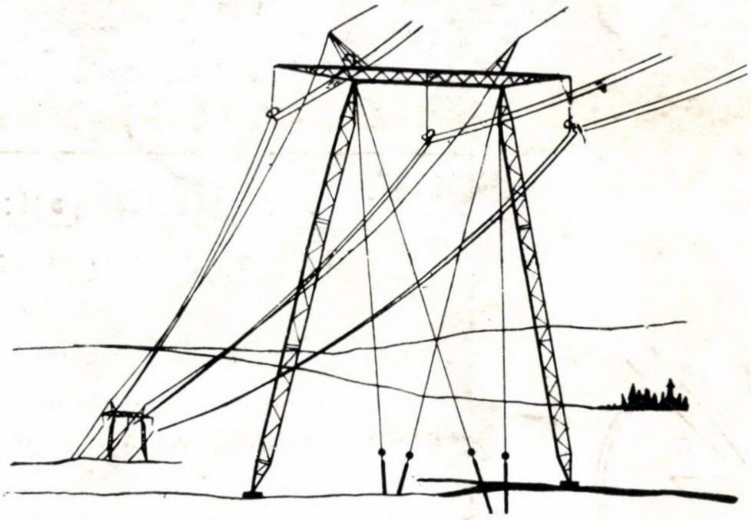
irme RAȚIONALIZEAZĂ
MODERNIZEAZĂ ȘI
ASIGURĂ PUNEREA LA PUNCT A
INSTALAȚIILOR TERMICE DE FORȚĂ

E 2039

REFERALVA

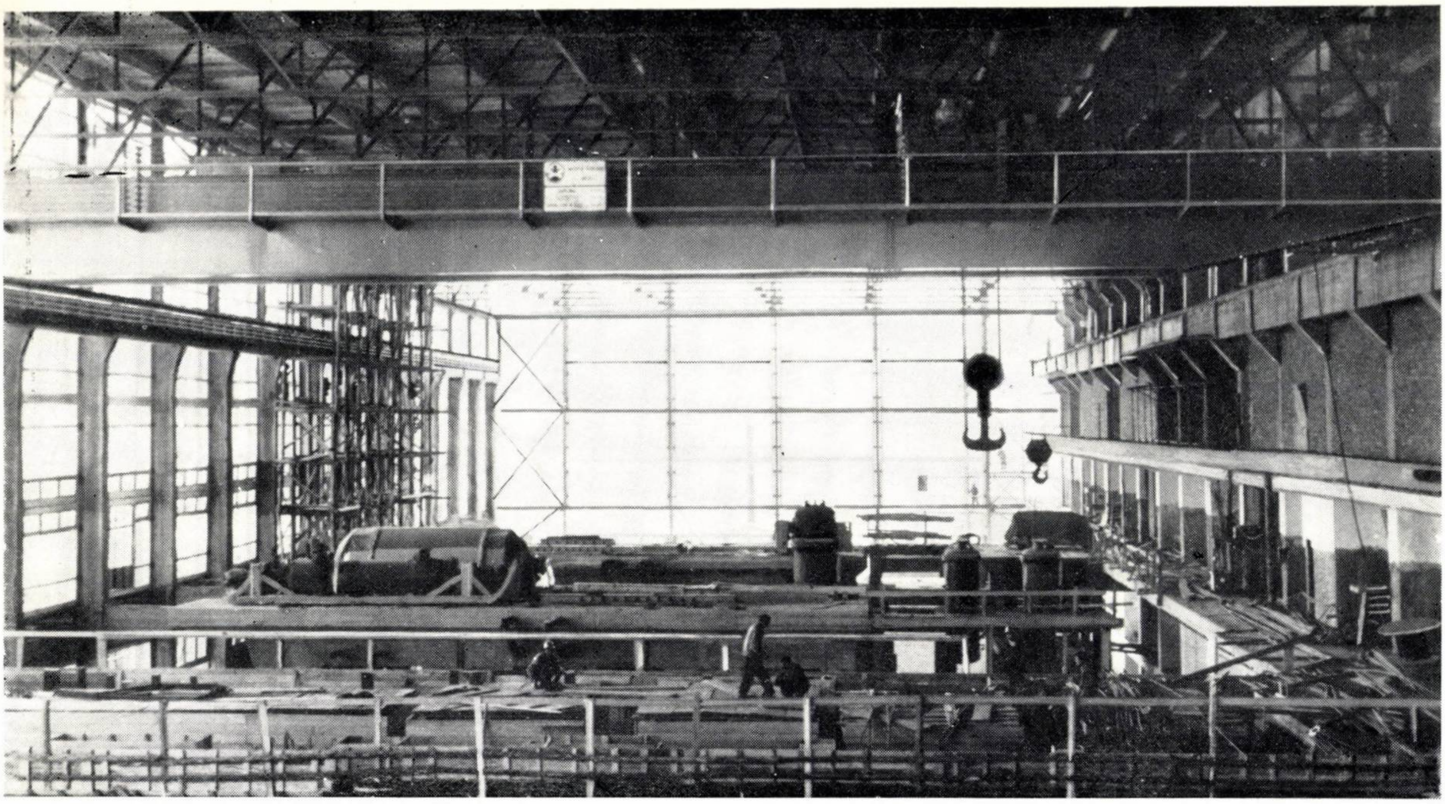
ENERGETICA

VOLUMUL XII ★ NUMĂRUL 12 ★ ENERGETICA



12

BUCUREȘTI ★ DECEMBRIE ★ 1964



T C M E

TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unitățile sale de construcții și montaj:

- Centrale termoelectrice și de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Stații electrice și posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuție.
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați.
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice.
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție.

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.30

E 2039

INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI HIDROENERGETICE

BUCUREŞTI

I.S.P.H.

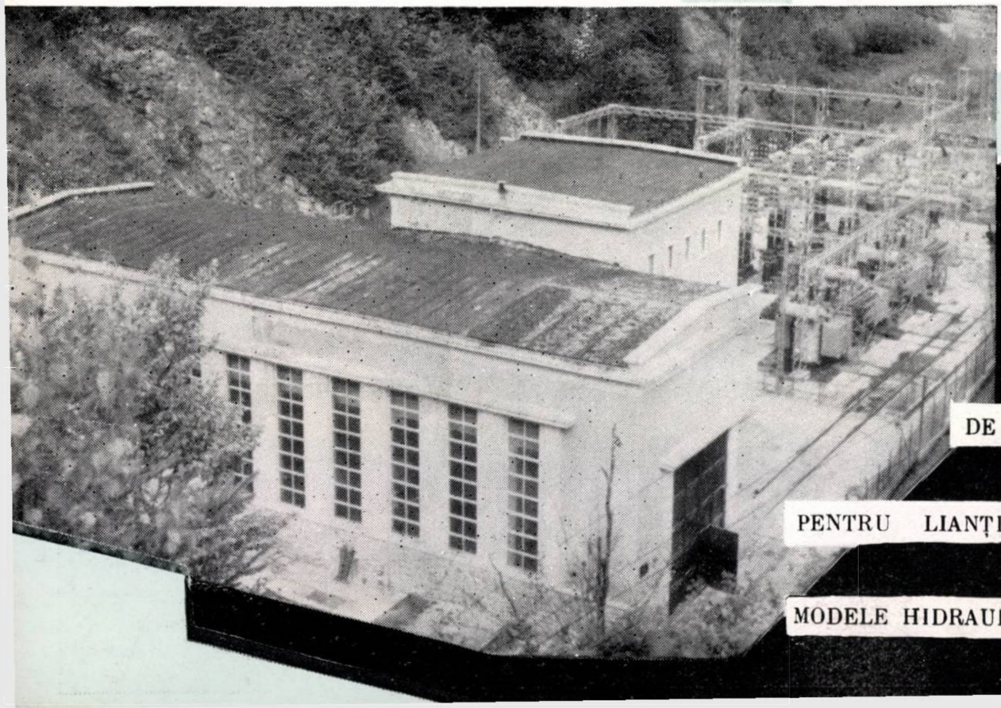
ÎNTOCMEŞTE

STUDII

DE TEREN GEOLOGICE, GEOTEHNICE, HIDROLOGICE, GEODEZICE ŞI TOPOGRAFICE

PROIECTE

AMENAJĂRI DE COMPLEXE HIDROENERGETICE. UZINE HIDROELECTRICE (BARAJE, ADUCŢIUNI CENTRALE ETC.)



CERCETĂRI

DE LABORATOR CU CARACTER GEOTEHNIC, PENTRU LIANŢI, BETOANE, CHIMISMUL APELOR, PE MODELE HIDRAULICE ŞI MODELE STRUCTURALE

INTREPRINDEREA REGIONALA DE ELECTRICITATE
PLOIESTI

IREP

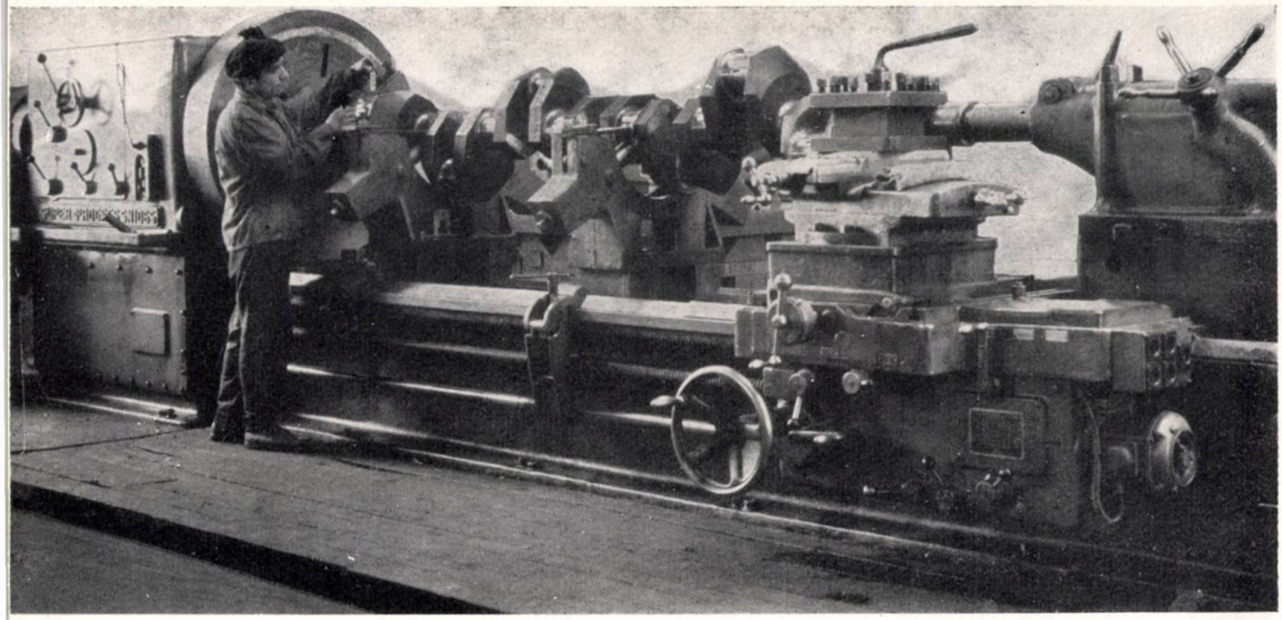
CU SEDIUL IN CIMPINA STR. CULTURII NR. 33.
TELEFON 2150; 2151.

Deranjamentele se remediază în timp scurt prin folosirea stației mobile de emisie-recepție

PROIECTEAZA EXECUTA SI EXPLOATEAZA :

- POSTURI SI STATII DE TRANSFORMARE
- LINII ELECTRICE AERIENE SI SUBTERANE DE TRANSPORT și DISTRIBUTIE
- INSTALATII DE ILUMINAT EXTERIOR
- INSTALATII ELECTRICE INTERIOARE

ILUMINATUL PASAJULUI PLOIESTI SUD



T 15

Execută reparații medii și capitale la agregate energetice, ca:

- — turbine cu abur de orice putere
- — generatoare electrice
- — motoare Diesel staționare cu puteri peste 200 CP precum și la instalațiile auxiliare aferente acestora

Acordă asistență tehnică și execută diferite probe, încercări și măsurători privind:

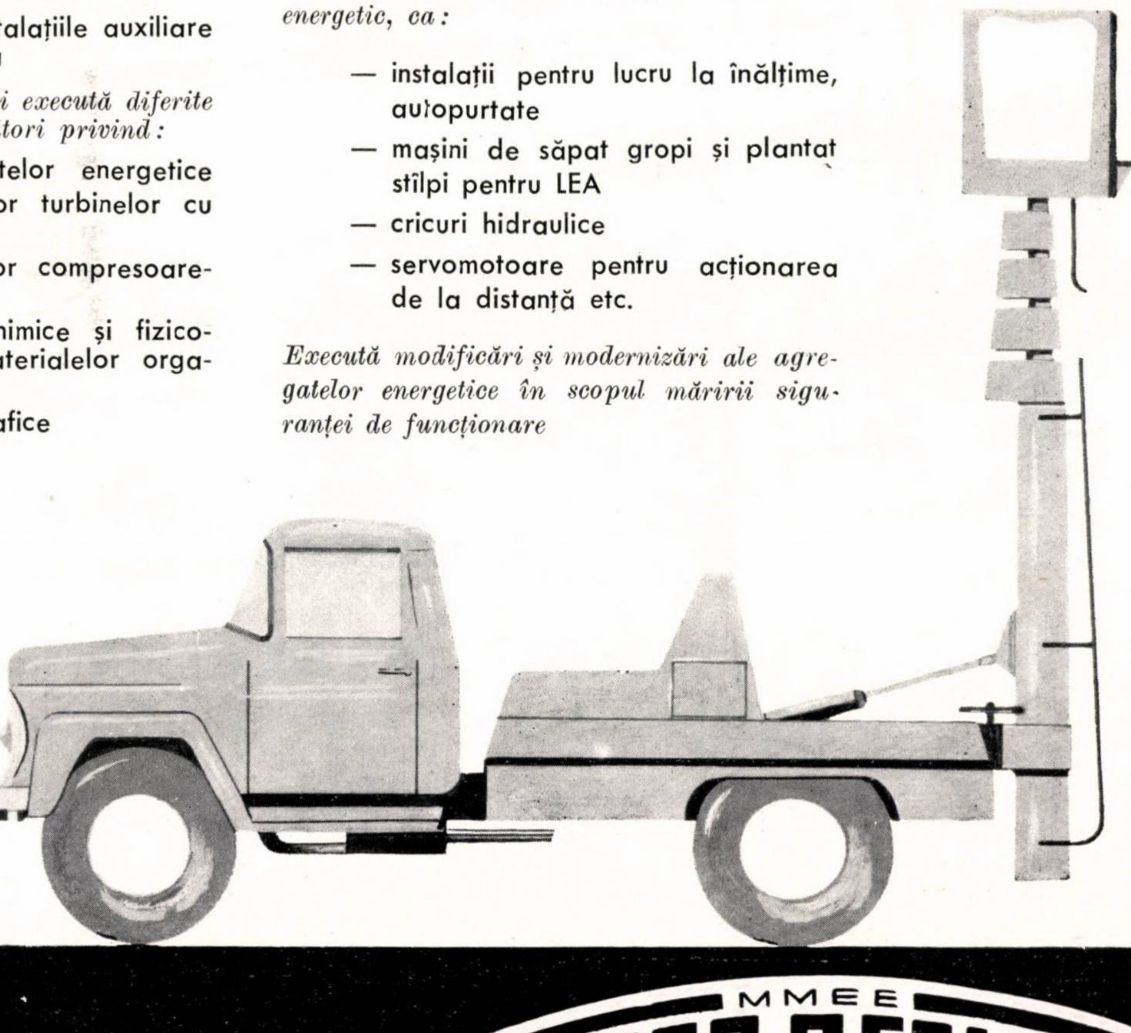
- — vibrațiile agregatelor energetice
- — vibrațiile paletelor turbinelor cu abur și gaze
- — vibrațiile paletelor compresoarelor axiale
- — caracteristicile chimice și fizico-mecanice ale materialelor organelor de mașini
- — analize metalografice

Execută, pe baza proiectelor proprii, o gamă variată de piese de schimb pentru agregate energetice de orice fel

Execută o gamă largă de utilaje pentru mecanizarea lucrărilor specifice sectorului energetic, ca:

- — instalații pentru lucru la înălțime, autopurtate
- — mașini de săpat gropi și plantat stîlpi pentru LEA
- — cricuri hidraulice
- — servomotoare pentru acționarea de la distanță etc.

Execută modificări și modernizări ale agregatelor energetice în scopul măririi siguranței de funcționare

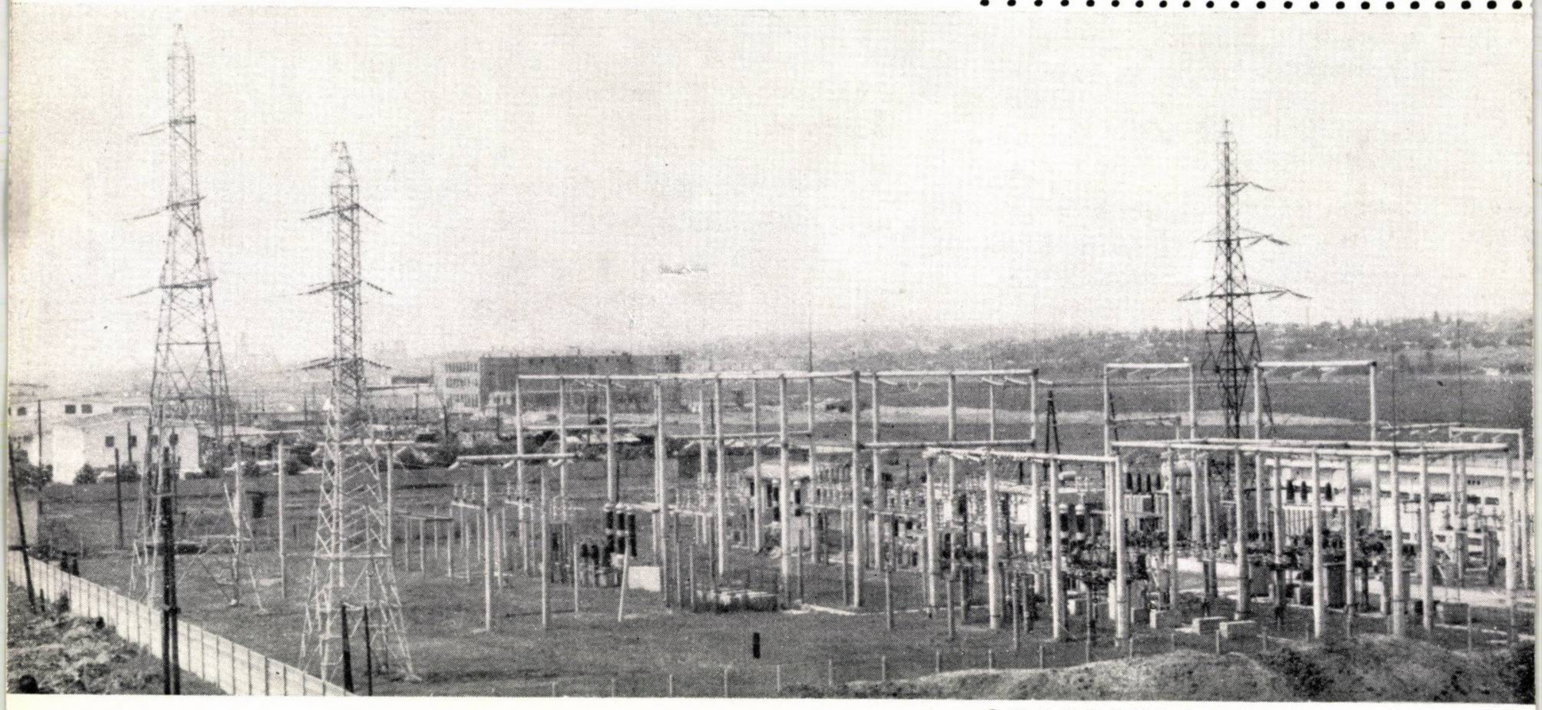


BUCUREŞTI
BD. MĂRĂŞEŞTI NR. 2
TELEFON: 23.26.40

MMEE
ENERGO REPARAȚII

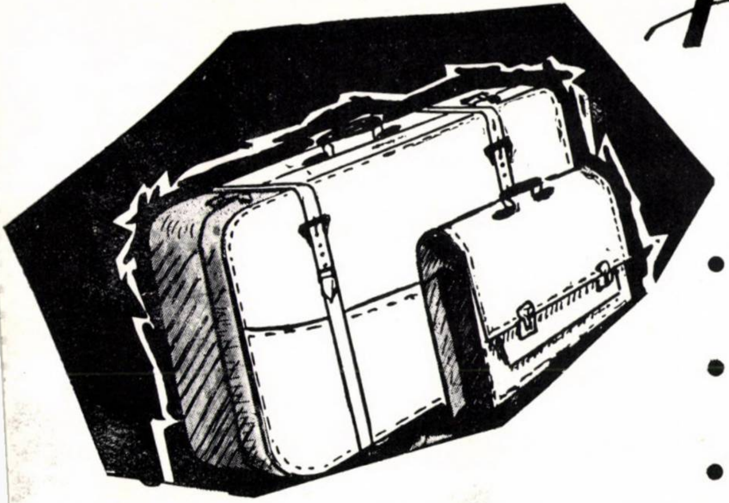
IRE

IAȘI



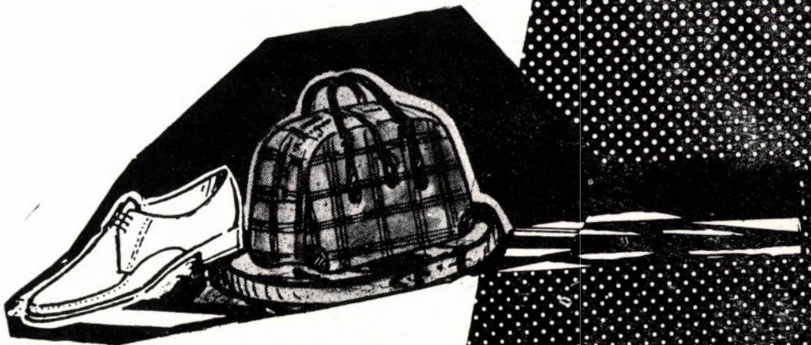
VEDERE DE ANSAMBLU
A STAȚIEI DE TRANSFORMARE
110/35/6 kV – IAȘI II

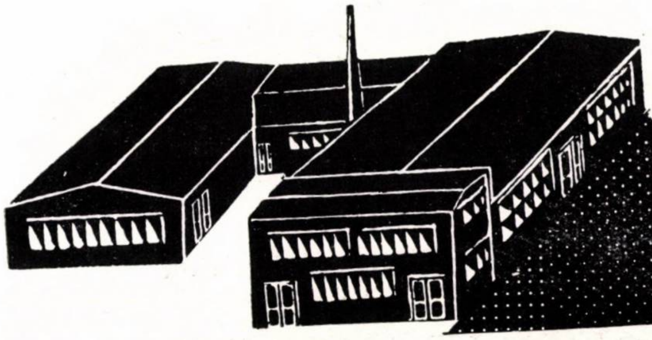
I.I.S. Brateș



Produce și livrează:

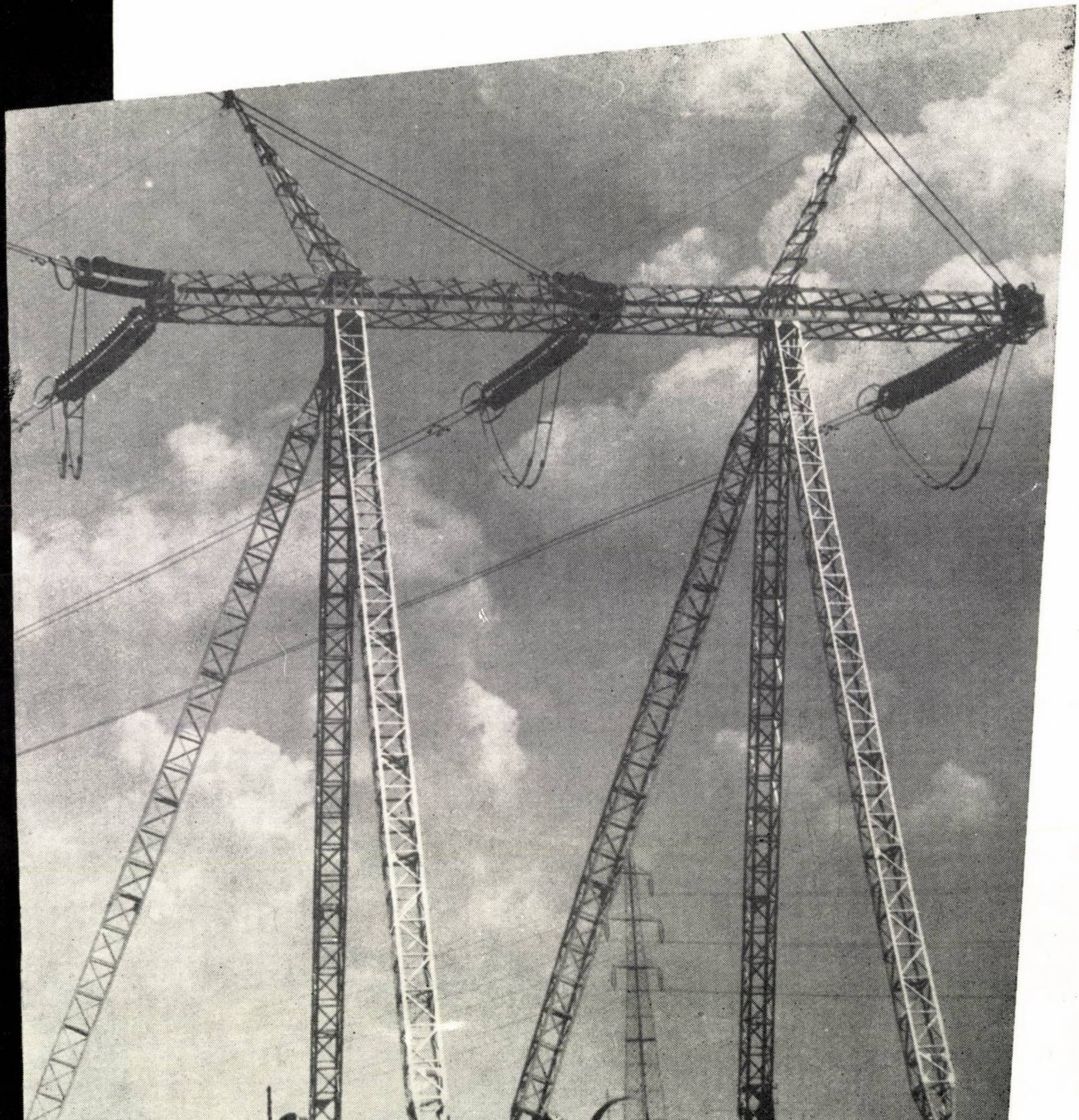
- *accesorii metalice de marochinărie pentru industria pielăriei*
- *accesorii metalice de încălțăminte pentru industria pielăriei*
- *accesorii metalice de galanterie pentru industria de confecții*
- *ambalaje metalice litografiate pentru industria lacurilor vopselelor*





INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE

BUCUREŞTI, Bd. REPUBLICII Nr. 29 - Tel. 158960



LINIE DE TRANSPORT DE ENERGIE ELECTRICĂ LA TENSIUNEA DE 400 kV

Proiect întocmit de ISPE

1883

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1383

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12 Nr. 12 DECEMBRIE

Cuprins

Constantinescu, E. — **Lucrările celei de-a 20 sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE)** 597—603

Stein M., Bădescu C. și Călinescu C. — **Considerații asupra schemelor principiale și dispozițiilor instalațiilor electrice în centralele electrice industriale** 604—610

Slăvescu M., Cosma Gh. și Stoenescu S. — **Cercetări asupra posibilităților de îmbunătățire a randamentului ventilatoarelor centrifuge de mare putere** 610—618

Măcriș A. — **Lărgirea domeniului de utilizare a podurilor rulante la montajul centralelor termoelectrice** 619—627

DIN EXPLOATARE

Lăzărescu E. — **Depunerile de chiciură pe liniile electrice aeriene și pe liniile telefonice din regiunea Iași, în perioada 1960—1964** 627—629

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Mark D. — **Domeniul de utilizare și calculul rezistenței prizelor naturale ale stîlpilor liniilor electrice aeriene** 629—632

ENERGETICA PESTE HOTARE

Georgescu A., Nițu V. și Burducea C. — **Aspecte din energetica Angliei** 633—639

DOCUMENTARE

Cuprinsul revistei „Energetica" vol. 12 (1964)

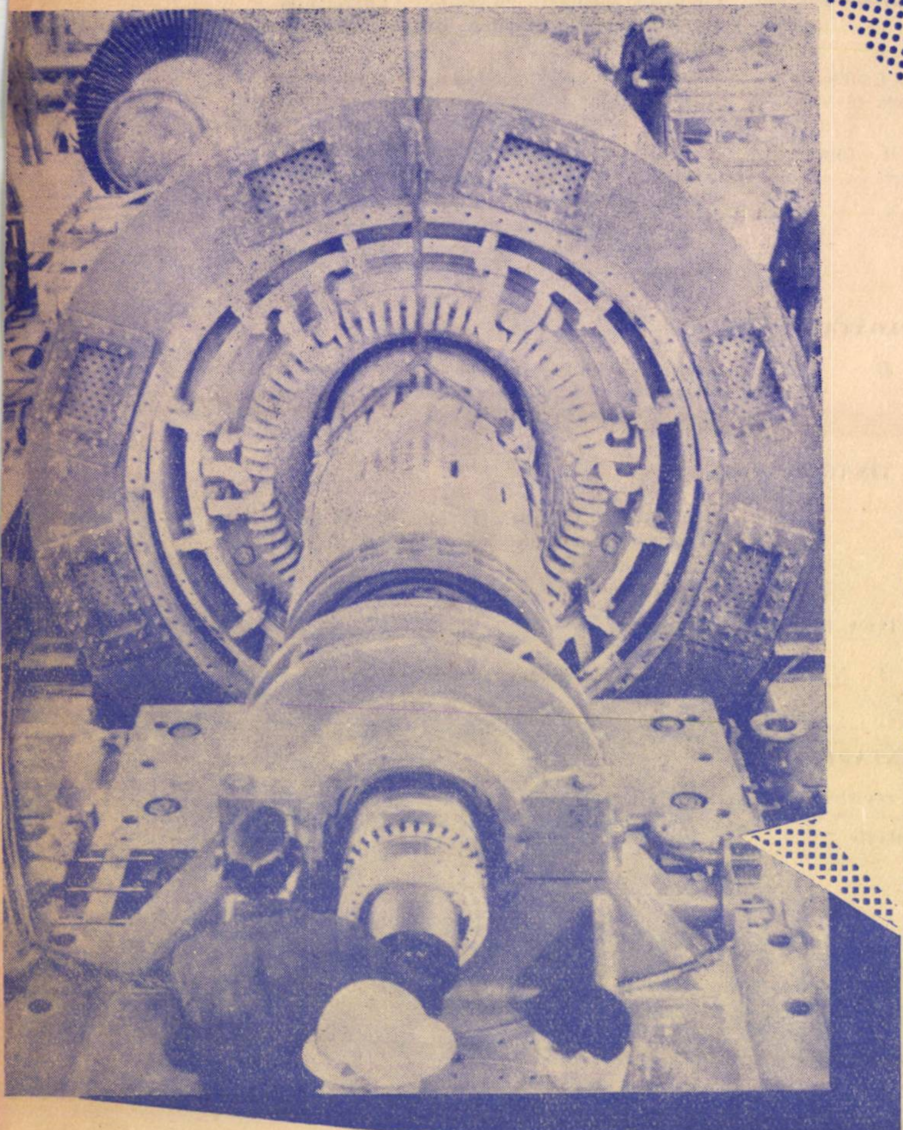
Index alfabetic

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU și ing. P. VICOL

IMCE

BUCUREŞTI
Calea Dorobanţilor
nr. 105
Raionul
30 Decembrie
Telefon 11.14.10



ÎN ÎNTREPRINDEREA DE MONTAJE CENTRALE ELECTRICE

MUNCITORII, TEHNICIENII ŞI INGINERII

îşi ridică nivelul cunoştinţelor teoretice şi practice prin însuşirea noilor tehnologii de montaj de:

- **Cazane de abur de parametri înalţi**
- **Turbine cu abur şi hidro de mari puteri**
- **Motoare Diesel şi compresoare**
- **Instalaţii electrice de foarte înaltă tensiune**

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL
CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 12
1964
Nr. 12
DECEMBRIE

Lucrările celei de-a 20-a sesiuni a Conferinţei Internaţionale a Marilor Reţele electrice (C.I.G.R.E.)

I. Prezentare de ansamblu

Conferinţa Internaţională a Marilor Reţele Electrice, denumită prescurtat C.I.G.R.E., reprezintă astăzi, după Comisia Electrotehnică Internaţională (C.E.I.), cea mai veche organizaţie internaţională în domeniul electroenergetic şi electrotehnic. C.I.G.R.E. a luat fiinţă în 1921 şi a ţinut cu regularitate, cu excepţia anilor de război, sesiuni bienale la Paris. Prin diversitatea temelor luate în discuţie, prin nivelul tehnico-ştiinţific foarte ridicat de abordare a problemelor şi prin participarea largă a specialiştilor din diferite ţări, Conferinţa Internaţională a Marilor Reţele Electrice se bucură în prezent de un deosebit prestigiu în întreaga lume.

C.I.G.R.E. funcţionează ca o asociaţie neguvernamentală, avînd fie membri personali (persoane fizice), fie membri colectivi (întreprinderi, instituţii de învăţămînt etc.). În numeroase ţări — 35 la număr — au fost constituite comitete naţionale, prin intermediul cărora se întreţin relaţiile cu administraţia permanentă, care are sediul la Paris.

În activitatea sa, C.I.G.R.E. urmăreşte stimularea cercetărilor şi scoaterea în evidenţă a progreselor tehnice mai importante în următoarele domenii principale :

— fabricarea şi exploatarea echipamentelor folosite pentru producerea şi transformarea energiei electrice sau pentru comutarea circuitelor electrice ;

— proiectarea, construcţia şi întreţinerea liniilor electrice aeriene şi subterane şi a staţiilor de transformare ;

— funcţionarea, exploatarea şi protecţia sistemelor electroenergetice ;

— tehnica specială a tensiunilor foarte înalte în curent alternativ şi curent continuu.

Aceste obiective sînt realizate prin punerea în contact, în timpul sesiunilor bienale, a specialiştilor competenţi în domeniile respective, pentru a discuta problemele importante ce rezultă din rapoartele prezentate. Între sesiuni, continuitatea lucrărilor este asigurată de 19 comitete internaţionale de studii, formate pe anumite specialităţi, ai căror preşedinţi şi membri sînt numiţi de către consiliul de administraţie dintre specialiştii rnecuoscuţi din diferite ţări. Aceste comitete se întrunesc periodic pentru a discuta rezultatele obţinute în ţările participante, cu privire la anumite teme de studiu fixate dinainte. De asemenea, aceste comitete fac propuneri pentru fiecare sesiune C.I.G.R.E., cu privire la subiectele preferenţiale, adică acelea care sînt actuale şi trebuie să fie în mod special discutate. Cele 19 comitete de studii existente în prezent sînt următoarele :

Nr. 1 — Uleiuri
Nr. 2 — Cabluri de înaltă tensiune
Nr. 3 — Întrerupătoare
Nr. 4 — Protecţie şi relee
Nr. 5 — Izolatoare
Nr. 6 — Conductoare neizolate
Nr. 7 — Suporţi şi fundaţii
Nr. 8 — Supratensiuni şi descărcări atmosferice
Nr. 9 — Curent alternativ la tensiune foarte înaltă
Nr. 10 — Curent continuu la tensiune foarte înaltă
Nr. 11 — Perturbaţii
Nr. 12 — Transformatoare
Nr. 13 — Concepţia şi funcţionarea reţelelor
Nr. 14 — Teletransmisii
Nr. 15 — Coordonarea izolaţiilor
Nr. 16 — Structura staţiilor de transformare
Nr. 17 — Alternatoare
Nr. 18 — Condensatoare
Nr. 19 — Influenţa perturbaţiilor datorite variaţiilor rapide de sarcină asupra reţelelor de distribuţie.

Interesul crescînd pe care Conferinţa Internaţională a Marilor Reţele Electrice îl prezintă pentru specialiştii din întreaga lume este evidenţiat prin numărul tot mai mare de ţări şi persoane participante la lucrările conferinţei, de la înfiinţare şi pînă în prezent. Astfel, numărul ţărilor participante a fost de 12 în 1921, 41 în 1939, 45 în 1952 şi 50 în 1962. Numărul congresiştilor a prezentat o creştere continuă şi mai accentuată, după cum urmează: 231 în 1921, 814 în 1939, 1351 în 1952, 1930 în 1962.

În perioada 1—10 iunie 1964 a avut loc la Paris cea de-a 20-a sesiune a Conferinţei Internaţionale a Marilor Reţele Electrice, la care au luat parte 2 018 congresişti din 55 ţări diferite. În timpul şedinţelor de lucru ale sesiunii, care au avut loc de obicei cîte două simultan, au fos puse în discuţie următoarele grupe de rapoarte şi probleme:

Secţia 1-a — **Producerea, transformarea şi întreruperea curentului electric**

Grupa 11 — *Alternatoare*

Dimensionarea şi caracteristicile maşinilor foarte mari (turboalternatoare şi alternatoare hidraulice) alegerea caracteristicilor, procedee de răcire, pierderi, izolaţia marilor alternatoare şi încercările de recepţie respective.
Sisteme de excitaţie (redresoare statice şi rotative).
Determinarea experimentală a parametrilor şi condiţiile de funcţionare.

Grupa 12 — *Transformatoare*

Măsurarea pierderilor în marile transformatoare şi în reactanţe. Determinarea experimentală a încălzirilor în scurtcircuit sau cu curent continuu.
Transportul marilor transformatoare şi soluţiile constructive adoptate din acest punct de vedere.
Încercările „in situ" pentru controlul izolaţiei.
Reducerea zgomotului şi a vibraţiilor.
Materiale izolante.

Grupa 13 — *Întrerupătoare*

Tensiunea de restabilire. Defectul kilometric.
Întreruperea curenţilor mici inductivi.
Întreruperea curenţilor capacitivi. Comportarea arcului în regiunea trecerii curentului prin zero. Încercări indirecte (folosirea modelelor reduse de întrerupătoare şi a circuitelor sintetice). Supratensiuni datorite anclanşării şi declanşării în reţelele de foarte înaltă tensiune.

Secţia a 2-a — **Construcţia, întreţinerea şi izolaţia liniilor**

Grupa 21 — *Cabluri de înaltă tensiune*

Folosirea izolanţilor sintetici. Comportarea cablurilor din punct de vedere termic (răcirea cu ulei şi răcirea cu apă). Influenţa undelor de şoc asupra straturilor de protecţie împotriva coroziunii.

Grupa 22 — *Suporţi şi fundaţii*

Fundaţii de beton solicitate la eforturi de smulgere (încercări experimentale, metode de calcul). Fundaţii de tip special. Limitele admisibile de deplasare a fundaţiilor. Tipuri noi de suporţi, metode de încercare a suporţilor. Folosirea maşinilor electronice pentru calculul suporţilor. Aplicarea calculului probabilităţilor la determinarea structurii suporţilor. Efectul vîntului asupra suporţilor şi conductoarelor.

Grupele 23/24 — *Linii aeriene. Vibraţii*

Everyday Stress, vibraţia conductoarelor, folosirea diferitelor tipuri de antivibratoare, metode pentru măsurarea intensităţii vibraţiilor, amplasarea pieselor de distanţă la conductoarele fasciculare.
Dansul conductoarelor. Sarcinile externe ale conductoarelor (determinarea acestor sarcini prin calculul probabilităţilor, variaţia vitezei vîntului cu înălţimea deasupra solului).
Folosirea calculatoarelor mecanice pentru calculul săgeţilor.
Determinarea secţiunii economice a conductoarelor.

Grupa 25 — *Izolatoare*

Comportarea în exploatare a izolatoarelor în condiţii de intensă poluare atmosferică.
Instalaţii de încercare a izolatoarelor în condiţii de poluare artificială.
Folosirea glazurilor semiconductoare la izolatoarele de înaltă tensiune.

Secţia a 3-a — **Exploatarea, protecţia şi interconexiunea reţelelor**

Grupa 31 — *Protecţie şi relee*

Alegerea şi reglajul releelor de protecţie, în legătură cu problemele de suprasarcină a liniilor de interconexiune. Concepţia şi folosirea releelor tranzistorizate, prezentînd timpi de funcţionare mai scurţi, consumuri mai mici, performanţe stabile şi precise, caracteristici de funcţionare mai variate şi mai elastice. Probleme generale cu privire la tehnica protecţiei prin relee.

Grupa 32 — *Concepţia şi funcţionarea reţelelor. Stabilitate*

Reglajul automat al frecvenţei şi puterii în reţelele interconectate. Comportarea reţelelor în exploatare, problemele de stabilitate rezultate din evoluţia caracteristicilor maşinilor sincrone, influenţa regulatoarelor de tensiune şi de turaţie. Determinarea regimurilor de funcţionare a unei reţele (calculul curenţilor de scurtcircuit, repartiţia puterilor active şi reactive). Repartiţia economică a sarcinilor (dispecer economic). Planificarea reţelelor, folosirea metodelor de programare liniară.

Grupa 33 — *Supratensiuni şi descărcări atmosferice*

Mecanismul descărcărilor prin scîntei lungi. Studiul trăsnetului, măsurarea curenţilor şi pantelor, folosirea contoarelor. Măsurarea undelor de impuls. Propagarea supratensiunilor datorite trăsnetului.

Secţia a 4-a — **Tensiuni peste 220 kV**

Grupa 42 — *Tensiuni foarte înalte* (curent alternativ)

Reducerea costului liniilor de foarte înaltă tensiune prin îmbunătăţirea studiilor şi a detaliilor constructive. Progrese în cercetarea anumitor probleme (efectul corona, perturbaţii radiofonice, supratensiuni interne, bobinele de compensare). Domeniul de folosire a liniilor de transport în curent alternativ şi curent continuu. Exploatarea liniilor de foarte înaltă tensiune.

Grupa 43 — *Tensiuni foarte înalte* (*curent continuu*)

Metode de încercare a redresoarelor şi funcţionarea lor. Armonice, filtre, compensarea puterii reactive. Efectul corona, perturbaţii radiofonice, nivele de izolaţii. Probleme de control şi protecţie, aparate auxiliare, calculul condiţiilor de funcţionare. Cabluri, transformatoare, întoarcerea curentului prin pămînt. Experienţa de exploatare a liniilor existente. Perspectivele de viitor şi comparaţii cu alte forme de transport de energie.

La cea de-a 20-a sesiune C.I.G.R.E. au fos prezentate 118 rapoarte, care se împart pe secţii după cum urmează :

Secţia a 1-a	40
Secţia a 2-a	33
Secţia a 3-a	27
Secţia a 4-a	18

Aceste rapoarte se repartizează astfel între diferitele ţări :

Franţa, Anglia, S.U.A.	cîte 9
U.R.S.S., Germania	cîte 8
Elveţia	7
Suedia, Belgia, Japonia	cîte 6
Italia	5
Norvegia, R.P. Polonă, Olanda, Finlanda, Canada, Australia	cîte 3
R.P. Romînă, R.S. Cehoslovacă, R.P. Ungară, Austria, Danemarca, Turcia, Israel	cîte 2
R.P. Bulgaria, R.S.F. Iugoslavă, Irlanda, Spania, Mexic	cîte 1
Rapoarte mixte (autorii aparţinînd mai multor ţări)	8

În afară de acestea au mai fost prezentate 17 rapoarte asupra lucrărilor comitetelor de studii.

Fiecare grupă de rapoarte care a fost supusă discuţiei a avut cîte un raportor special, însărcinat să studieze dinainte rapoartele grupei şi ale comitetelor de studii respective, pentru a putea trage unele concluzii care să uşureze lucrările conferinţei şi pentru a stabili lista problemelor mai importante asupra cărora urmează a fi purtate discuţiile. Se menţionează că în timpul sesiunii nu se face o prezentare a rapoartelor, ele fiind trimise participanţilor înainte de începerea sesiunii. Orice congresist doritor să ia cuvîntul în cursul unei şedinţe este obligat să se anunţe cu o zi înainte, precizînd şi subiectul la care urmează să se refere şi care trebuie să fie legat de problemele puse în discuţie de către raportorul general.

Şedinţele fiecărei grupe au fost conduse de către preşedintele comitetului de studii respectiv, din prezidiu făcînd parte de asemenea raportorul general şi un secretar al grupei, însărcinat cu întocmirea şi difuzarea dărilor de seamă asupra discuţiilor.

Limbile oficiale în timpul discuţiilor au fost franceza şi engleza. Un grup de interpreţi au asigurat traducerea simultană în franceză, engleză şi germană. Mici aparate portative de radiorecepţie cu cască permiteau fiecărui participant să asculte comunicarea în limba dorită.

În timpul sesiunii, în afară de şedinţele de deschidere şi de închidere, de adunarea generală a membrilor C.I.G.R.E. şi de şedinţele de lucru, s-au întrunit şi un număr de comitete internaţionale de studii.

Cele două rapoarte prezentate de ţara noastră au fost :

— Raportul nr. 317 (la grupa 31 — *Protecţie şi relee*) : ,,*Un releu de distanţă tranzistorizat cu caracteristică universală*'' (C. Penescu). Acest raport prezintă caracteristicile constructive şi de funcţionare ale unui tip original de releu conceput de autor.

— Raportul nr. 318 (la grupa 32 — *Concepţia şi funcţionarea reţelelor*) : ,,*Simplificarea problemelor de reţele prin introducerea unui nou concept. Schema echivalentă tip* (*REI*) *şi imaginea sa*'' (P. Dimo). În acest raport se expune metoda originală elaborată de autor, cunoscută sub denumirea de ,,analiză nodală'', folosită în prezent în R.P.R. în combinaţie cu calculatoarele numerice CIFA.

Participanţii la sesiune şi raportorii generali ai grupelor respective au comentat favorabil aceste două rapoarte romîneşti, punînd în evidenţă în special elementele originale conţinute.

La a 20-a sesiune a Conferinţei Internaţionale a Marilor Reţele Electrice, Comitetul naţional romîn a trimis o delegaţie compusă din următoarele persoane:

Conf. ing. Apetrei Constantin, director adjunct ştiinţific al Institutului de energetică al Academiei R.P.R.

Conf. ing. Constantinescu Emil, director tehnic al Institutului de studii şi proiectări energetice.

Ing. Dimo Paul, membru corespondent al Academiei R.P.R.

Ing. Groza Liviu, inginer-şef la Institutul de studii şi proiectări energetice.

Ing. Pantea Eugen, inginer-şef la Trustul de construcţii şi montaje energetice.

Prof. ing. Penescu Cornel, membru corespondent al Academiei R.P.R.

La lucrările sesiunii a mai luat parte şi acad. prof. Remus Răduleţ, în calitate de preşedinte al Comisiei Electrotehnice Internaţionale.

Delegaţii romîni au participat activ la discuţiile purtate în şedinţele diferitelor grupe sau comitete de studii. Astfel, conf. ing. C. Apetrei a luat cuvîntul la grupa 11 (Alternatoare), prezentînd criteriile de apreciere a sistemelor statice de excitaţie la maşinile sincrone, cu luarea în considerare a caracteristicilor sistemului energetic, iar în cadrul lucrărilor comitetului de studii nr. 17 (Alternatoare) a pus în discuţie problema proiectării alternatoarelor de mare putere, cu considerarea simultană a caracteristicilor funcţionale şi a criteriilor de economicitate. Conf. ing. E. Constantinescu a prezentat în cadrul comitetelor de studii nr. 6 (Conductoare neizolate) şi nr. 7 (Suporţi şi fundaţii) unele probleme în legătură cu dimensionarea liniilor electrice aeriene pe baza coeficienţilor de siguranţă economici şi cu tipurile noi de suporţi pentru linii de înaltă tensiune folosiţi în ţara noastră. Ing. P. Dimo a arătat în grupa 32 (Concepţia şi funcţionarea reţelelor) posibilităţile generale de aplicare a metodei de analiză nodală folosită în R.P.R., dînd şi unele explicaţii suplimentare în legătură cu problemele ridicate de mai mulţi congresişti asupra principiilor acestei metode. De asemenea a intervenit în discuţiile comitetului de studii nr. 13 (Concepţia şi funcţionarea reţelelor) cu privire la întocmirea unui sistem de planificare a reţelelor folosind calculatoarele numerice. În cadrul aceleiaşi grupe, 32, ing. L. Groza a scos în evidenţă rezultatele pozitive ale cercetărilor efectuate în R.P.R. cu privire la metodele analitice folosite pentru determinarea caracteristicilor globale ale sistemelor energetice, necesare pentru realizarea reglajului de frecvenţă şi putere. Prof. ing. C. Penescu a dat explicaţii suplimentare în cadrul grupei 31 (Protecţie şi relee) în legătură cu principiile de funcţionare a releului tranzistorizat prezentat în raport, iar în grupa 32 a pus în discuţie cazul general al optimizării sistemelor energetice, ţinînd seamă şi de repartiţia puterilor reactive. De asemenea, în comitetul de studii nr. 4 (Protecţie şi relee) a participat la întocmirea tematicii lucrărilor comitetului şi la precizarea programului viitoarei reuniuni a comitetului, care urmează să aibă loc în 1965 la Bucureşti.

Atît în timpul cît şi după terminarea lucrărilor sesiunii s-au făcut mai multe vizite la o serie de obiective energetice (centrale termoelectrice, centrala atomoelectrică Chinon, linii de înaltă tensiune), fabrici constructoare de echipament energetic, organizaţii de studii, cercetări şi exploatarea instalaţiilor energetice, obţinîndu-se un bogat material documentar cu privire la cele mai noi realizări din Franţa în domeniile respective.

II. Lista rapoartelor prezentate

Secţia 1

Producerea, transformarea şi întreruperea curentului electric

Grupa 11. *Alternatoare*

104. L. W. James, F. R. L. Creek şi J. Tudge (Anglia). Progrese recente în tehnica răcirii turbogeneratoarelor de mare putere în Anglia.
108. L. G. Virsberg şi A. Kelen (Suedia). Cîteva observaţii privind încercarea la frecvenţă foarte joasă a izolaţiei maşinilor de înaltă tensiune.
115. B. Münch şi H. Zardin (Elveţia). Studiu analitic şi experimental asupra problemelor răcirii maşinilor electrice rotative.
119. H. de Bourg, R. S. Jenkins, C. A. Tengstrand, C. E. Wester şi I. Slettenmark (Suedia). Determinarea calorimetrică a pierderilor alternatoarelor şi reactanţelor.
121. R. Tuschak (Ungaria). Măsurarea rezistenţei homopolare inverse a turboalternatoarelor.
122. J. Thienpont (Franţa) şi T. H. Sie (Elveţia). Suprimarea descărcărilor superficiale în înfăşurările statorice ale maşinilor rotative de înaltă tensiune.

129. M. P. Kostenko, E. I. Kazovski, N. P. Ivanov, L. I. Stanislavski şi K. F. Potehkin (U.R.S.S.). Generatoare antrenate de turbine termice şi hidraulice de mare putere şi cu factor de utilizare ridicat, sisteme de răcire, caracteristici şi parametri.

130. A. Veverka, A. Hon şi J. Basta (Cehoslovacia). Cîteva probleme privind maşinile sincrone. Partea 1-a: Suprimarea efectului corona la extremităţile bobinelor maşinilor sincrone de înaltă tensiune. Partea a 2-a: Diferite forme de amortizare la maşinile sincrone.

133. G. Darrieus (Franţa). Probleme moderne privind turboalternatoarele de mare putere.

135. E. Eichenberger (Elveţia). Determinarea valorii-limită a puterii reactive produsă sau absorbită de un alternator sincron şi a domeniului de reglare a tensiunii în vederea dimensionării maşinii.

139. Ph. Barret, M. Binois, Y. Enault şi Ph. Le Borgne (Franţa). Excitaţia statică a maşinilor sincrone mari. Realizări prezente şi perspective de viitor.

141. B. Favez, J. Magoux, P. Sénéchaux, M. Duréault, P. Géralde, M. Therby şi A. Wolfhugel (Franţa). Specificaţii şi realizări ale alternatoarelor prevăzute pentru echiparea grupurilor termice de 600 MW pe un singur arbore.

142. P. Laurent. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 17 (Alternatoare).

Grupa 12. *Transformatoare*

101. L. Smith, E. Tobin, G. H. Hodgkinson, F. W. Taylor, I. R. Neill, J. T. Wilkins şi R. A. Rogers (Anglia). Încercări de încălzire la transformatoare foarte mari.

102. E. Jezierski şi J. Turowski (Polonia). Corelaţie între pierderile suplimentare, curent şi temperatură.

105. C. Keil (Canada) şi M. Milner (Anglia). Comportarea cabinelor antifonice pentru transformatoare.

105 bis. C. Keil (Canada) şi M. Milner (Anglia). Supliment la Raportul nr. 105.

106. A. J. Haselfoot, E. Hatwell, H. W. Kerr, S. Palmer şi E. L. White (Anglia). Concepţia, construcţia şi transportul transformatoarelor mari care se pot monta la faţa locului.

110. D. A. Wright şi L. F. Saunders (Australia). Încercări dielectrice la transformatoare, efectuate la locul montării.

111. J. Delhaye, A. Paume, M. Gallay şi F. Viale (Franţa). Progrese recente în izolarea transformatoarelor mari.

112. R. Kratzer şi J. Dietlin (Elveţia). Montarea, instalarea şi încercări dielectrice la transformatoare mari, efectuate la locul montării.

118. G. von Geijer, R. S. Jenkins, B. Sollergren şi R. Myklebust (Suedia). Probleme ridicate de concepţia, încercarea şi utilizarea reactanţelor şunt mari.

123. A. T. Thoeng (Olanda). Atenuarea zgomotului transformatoarelor cu ajutorul cabinelor.

125. K. Olsen (Norvegia). Măsurarea pierderilor şi caracteristicile transformatoarelor de măsură.

126. H. Reinke şi E. Reiplinger (Germania). Studii recente despre formarea zgomotului în transformatoare.

128. E. A. Mankin şi D. N. Morozov (U.R.S.S.). Pierderi în fier parazite în miezul transformatoarelor de mare putere.

134. Y. Tournier şi M. Richard (Franţa), A. Ciniero şi S. Yakov (Italia), A. B. Madin şi J. W. Whitaker (Anglia). Studiul comportării dinamice a înfăşurărilor unui transformator în caz de scurtcircuit.

134 bis. Y. Tournier şi M. Richard (Franţa), A. Ciniero şi S. Yakov (Italia), A. B. Madin J. W. Whitaker (Anglia). Supliment la Raportul nr. 134.

140. E. T. Norris. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 12 (Transformatoare).

Grupa 13. *Întrerupătoare*

103. W. Rieder şi A. Eidinger (Austria). Importanţa severităţii de comportare a unui circuit privind îndeosebi defectul kilometric şi încercarea sintetică a schemelor.

107. F. Rizk (Suedia). Nestabilitatea arcului electric şi constanta de timp a întrerupătoarelor cu aer comprimat.

109. E. Bolton, A. C. Ehrenberg, F. L. Hamilton, A. G. Hawkins, F. P. Matravers şi J. A. Thomas (Anglia). Studii britanice asupra fenomenelor de defect kilometric.

109 bis. E. Bolton, A. C. Ehrenberg, F. L. Hamilton, A. G. Hawkins, F. P. Matravers şi J. A. Thomas (Anglia). Supliment la Raportul nr. 109.

113. R. Petitpierre şi J. Schneider (Elveţia). Fenomene tranzitorii la operaţii de anclanşare şi declanşare a liniilor de transport la foarte înaltă tensiune pînă la 750 kV şi condiţii speciale rezultate pentru întrerupătoare.

114. T. Takasuna, I. Todoriki, J. Tomiyama, S. Fujitaka şi M. Oyama (Japonia). Încercări pe modele de întrerupătoare cu aer comprimat şi o nouă linie artificială de încercări pentru defect kilometric.

116. K. Norback, J. K. Jacobsen, E. Thorstensson şi W. Pucher (Suedia). Supratensiuni de comutaţie la motoare de inducţie de înaltă tensiune.

117. R. Thaler, Th. Heinemann şi J. Marty (Elveţia). Supratensiuni provocate de întreruperea unor curenţi inductivi mici în laborator şi în reţea.

120. G. C. Damstra (Olanda). Întreruperea curentului şi supratensiunile în funcţie de parametrii reţelei.

124. O. B. Bron, A. M. Bronstein, G. V. Butkevici, S. N. Zaharov, V. V. Kaplan, M. M. Akodis, D. S. Maslennikov şi V. M. Rudni (U.R.S.S.). Cîteva probleme cu privire la construcţia întrerupătoarelor de mare putere.

127. G. Catenacci şi G. Furioli (Italia). Supratensiuni de comutaţie în sistemul de înaltă tensiune italian.

131. B. J. Calvino şi A. Formica (Italia). Comportarea întrerupătoarelor în caz de defect într-un circuit cu frecvenţă proprie înaltă.

132. H. Meyer şi P. Beltensperger. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 3 (Întrerupătoare).

138. E. Maury (Franţa). Probleme apărute la tensiunile cele mai înalte la operaţii de anclanşare şi declanşare a întrerupătoarelor.

Secţia a 2-a

Construcţia, întreţinerea şi izolaţia liniilor

Grupa 21. *Cabluri de înaltă tensiune*

201. J. A. M. Gibbons, P. R. Howard, D. J. Skipper, R. S. Body şi W. G. Hawley (Anglia). Înveliş de polietilen cu presiune de gaze pentru cabluri de foarte înaltă tensiune.

202. J. G. Thornton (Australia). Traversarea golfului Botany Bay (Noua Galie de Sud) prin cablu submarin la 132 kV.

206. R. Bernard, G. Martin şi G. Weissenberger (Elveţia). Aşezarea la temperaturi scăzute a cablurilor cu manta de plumb şi izolaţie din hîrtie impregnată.

208. R. Boutet şi C. F. Schrobiltgen (Belgia) Cablu de înaltă tensiune cu izolaţie termoplastică pentru o reţea de 70 kV. Încercări şi realizări.

209. U. Müller (Germania). Contribuţie privind mecanismul de descărcare disruptivă la cabluri de înaltă tensiune cu izolaţie de hîrtie.

213. K. Kitagawa (Japonia). Răcirea forţată a cablurilor de forţă în Japonia. Studii şi performanţe.

216. K. Rudanko (Finlanda). Calculul temperaturilor în cablurile de forţă cu sarcini variabile.

218. J. Langfelder (Cehoslovacia). Transferul de căldură în cablurile de înaltă tensiune în caz de scurtcircuit.

220. G. J. Crowdes, C. H. Hunt şi P. H. Ware (Statele Unite). Cercetări şi progrese în domeniul izolaţiei sintetice pentru cabluri de înaltă tensiune.

220 bis. G. J. Crowdes, G. H. Hunt şi P. H. Ware (Statele Unite). Supliment la Raportul nr. 220.

221. S. I. Arenzon, D. V. Bikov, S. S. Gorodetski şi L. I. Macheret (U.R.S.S.). Linii de 500 kV în cablu cu presiune de ulei în tuburi de oţel şi caracteristicile de sarcină.

224. G. Maschio şi E. Occhini (Italia). Supratensiuni la învelişurile de protecţie împotriva coroziunii la cablurile de înaltă tensiune, în special pentru cabluri submarine de lungă distanţă.

225. J. Vermeer (Olanda). Rezultatul noilor studii asupra izolaţiilor cu ulei şi învelişuri de polimeri pentru cabluri de foarte înaltă tensiune.

230. J. M. Oudin, Ch. A. Flamand, J. Rollin, A. Noirclerc, M. Osty, J. Willermoz şi R. Jocteur (Franţa). Cercetări şi realizări franceze în domeniul cablurilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune.

233. R. F. Goossens. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 2 (Cabluri de înaltă tensiune).

Grupa 22. *Suporţi şi fundaţii*

203. G. Paterson şi R. L. Urie (Australia). Încercări de rezistenţă la smulgere, în mărime naturală, pe fundaţii de stîlpi de linii.

205. K. Hayashi (Japonia). Traversarea mării interioare Seto printr-o linie de transport de energie electrică (linia Chushi).

210. H. Mors (Germania). Metode de dimensionare a fundaţiilor de stîlpi de linii aeriene solicitaţi la tracţiune.

214. I. G. Hannemann (Danemarca). Stîlpi de linie uşori, executaţi din bare metalice rotunde de oţel, pentru linii electrice aeriene de înaltă tensiune.

215. P. H. Juul (Danemarca). Notă privind gradul de siguranţă şi riscurile de rupere a suporţilor.

217. K. Heikkilä şi J. Laine (Finlanda). Rezistenţa la smulgere a plăcilor de fixare pentru ancore.

222. A. S. Joukof şi M. Lecomte (Belgia). Calculul suporţilor cu ajutorul ordonatoarelor electronice.

223. N. Minev, M. Arnaudova şi S. Zahanov (Bulgaria). Un nou tip de stîlp ancorat pentru linii electrice de 220/400 kV. Construcţie şi încercări.

229. A. Carpena şi M. Finzi (Italia). Pagube provocate de vînt la linii electrice aeriene.

235. J. Paschoud. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 7(Suporţi şi fundaţii).

Grupa 23/24. *Linii electrice aeriene. Vibraţii*

204. B. Stefanini (Iugoslavia). Calculator mecanic pentru calculul săgeţilor şi eforturilor.

207. M. Ervik (Norvegia). Studiul vibraţiilor la conductoarele liniilor în Norvegia.

219. V. V. Burgsdorf, A. J. Liberman şi V. K. Mechkov (U.R.S.S.). Vibraţia şi dansul conductoarelor fasciculate la linii de transport de foarte înaltă tensiune.

226. R. H. Coates, G. B. Jackson, D. A. Davis, A. Erskine, R. C. Brown şi G. Orawsky (Anglia). Traversări importante de fluvii cu deschideri mari în linii de înaltă tensiune, efectuate în Anglia.

227. G. Burlando Borelli (Mexic). Dimensionarea conductoarelor electrice.

231. C. Manunzio şi L. Paris (Italia). Determinarea, sub formă statistică, a acţiunii vîntului asupra conductoarelor liniilor electrice aeriene.

232. K. S. Smedsfelt şi G. Atterberg, Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 6 (Conductoare neizolate şi calculul mecanic al liniilor electrice aeriene).

236. H. Hautefeuille şi Y. Porcheron (Franţa). Cercetări experimentale directe asupra comportării mecanice a liniilor electrice aeriene.

Grupa 25. *Izolatoare*

211. C. Grégoire (Belgia). Comportarea izolatoarelor pentru linii şi aparate la poluare naturală şi artificială. Experienţe efectuate în Belgia.

212. H. Baatz, G. Boll, O. Brennecke, G. Niehage, G. Reverey şi Th. Vogelsang (Germania). Experienţe recente de exploatare a izolatoarelor poluate şi metode de încercare prin care se evaluează capacitatea de izolare.

228. J. Kopeliowitch (Israel). Rezultatele exploatării unei reţele de înaltă tensiune în Israel din punctul de vedere al efectelor de poluare a izolatoarelor.

234. G. H. Gillam. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 5 (Izolatoare).

Secţia a 3-a

Exploatarea, protecţia şi interconexiunea reţelelor

Grupa 31. *Protecţie şi relee*

309. C. Giot, G. Marchal şi R. Vasquez (Belgia). Posibilităţi noi prezentate de circuitele tranzistorizate la protecţii de distanţă.

312. H. J. Sutton (Statele Unite). Practica şi evoluarea tehnicii releelor de protecţie în America de Nord.

317. C. Penescu (Romînia). Un releu de distanţă tranzistorizat cu caracteristică universală.

322. F. Schaer (Elveţia). Dispozitive de pornire a releelor de protecţie din punctul de vedere al capacităţii de suprasarcină a sistemelor interconectate.

324. G. Dienne (Belgia). Problema protecţiilor de rezervă în reţelele belgiene de înaltă tensiune.

329. Ch. Dietsch. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 4 (Protecţie şi relee).

Grupa 32. *Concepţia şi funcţionarea reţelelor. Stabilitate*

301. H. Siemaszko (Polonia). Reprezentarea numerică a reţelelor electrice.

303. A. W. W. Cameron, B. L. Mc Henry, M. Kurtz şi D. L. Killam (Canada). Economii realizabile prin măsurile de izolaţie.

304. C. Hamdi-Sepen (Turcia). Procedeu aplicat pentru mărirea puterilor-limită transmisibile prin linii electrice de transport în curent alternativ în regim tranzitoriu (Partea a 2-a).

304 bis. C. Hamdi-Sepen (Turcia). Supliment la Raportul nr. 304.

305. D. Carroll (Irlanda). Calculul cotei de imobilizare forţată a maşinilor generatoare, considerat în concepţia reţelelor.

306. J. Preminger (Israel). Variaţii tranzitorii de frecvenţă în reţeaua interconectată din Israel.

307. I. Hano, Y. Tamura, T. Takagi, M. Higo, S. Yoshizawa, K. Nakayama şi J. Kobayashi (Japonia). Încercări de subexcitaţie la generatoare cuplate cu turbină hidraulică, conectate la o reţea de transport de 275 kV.

308. S. Fukuda, T. Umezu şi Y. Sekine (Japonia). Starea actuală a exploatării economice în reţelele electrice din Japonia.

311. O. Melby şi M. Ervik (Norvegia). Utilizarea în Norvegia a regulatoarelor de turbină electrohidraulice pentru reglare combinată frecvenţă-putere în liniile de interconexiune.

313. G. Funk şi R. Gärtner (Germania). Influenţa raportului de scurtcircuit a unei maşini sincrone asupra stabilităţii sale, ţinînd seamă de regulatorul de tensiune.

314. R. F. Borwer, D. V. Buchanan, L. G. McDonnell şi R. L. Webb (S.U.A.). Dezvoltarea unei reţele de 345 kV într-o regiune urbană.

315. J. A. Casazza, E. S. Van Nostrand, R. W. Werts şi W. B. Fisk (S.U.A.). Planificarea coordonată la scară regională a tensiunii foarte înalte în statele Atlanticului Mediu.

316. F. Ronkay şi T. Bendes (Ungaria). Transfer imediat de sarcină de la o reţea interconectată la alta.

318. P. Dimo (Romînia). Simplificarea problemelor de reţele prin introducerea unui nou concept. Schema echivalentă tipizată (REI) şi imaginea sa.
321. N. D. Anisimova, V. A. Venikov, M. G. Portnoi şi L. V. Ţukernik (U.R.S.S.). Stabilitatea reţelelor electrice în regimuri speciale.
323. V. M. Gornstein, K. A. Smirnov, S. A. Sovalov şi S. V. Ussov (U.R.S.S.). Principii economice de dispatching în reţelele electrice mari din U.R.S.S.
326. E. C. Scott, H. F. R. Taylor, S. J. Morley şi J. A. Stukins (Anglia). Criterii de repartizare economică a sarcinilor în reţeaua buclată britanică şi aspecte economice conexe de exploatare a centralei de acumulare cu pompare Ffestiniog.
327. P. Gaussens, J. M. Pardigon, J. Carpentier, P. Augès şi C. Mestres (Franţa). Aplicarea calculatoarelor aritmetice în studiul şi exploatarea reţelelor de transport de energie electrică.
330. C. Concordia, S. Lalander şi B. Favez. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 13 (Concepţia şi funcţionarea reţelelor).

Grupa 33. *Supratensiuni şi descărcări atmosferice*

302. F. Obenaus şi W. Zimmermann (Germania). Predescărcări de tip scînteie la străpungerea sub tensiune alternativă a eclatoarelor cu ecartament metric.
310. J. A. Giaro (Belgia). Supratensiuni la capetele unui cablu racordat la o linie electrică aeriană lovită de trăsnet în afara zonei critice.
319. S. Szpor, E. Wasilenko, J. Samula, E. Dytkowski, J. Suchocki şi B. Zaborowski (Polonia). Rezultatele înregistrărilor de descărcări atmosferice în Polonia.
320. C. F. Wagner şi A. R. Hileman (S.U.A.). Curenţi de predescărcare în eclatoarele cu electrozi paraleli.
328. H. Baatz. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 8 (Supratensiuni şi descărcări atmosferice).

Secţia a 4-a

Tensiuni peste 220 kV

Grupa 42. *Tensiuni foarte înalte (curent alternativ)*

401. D. Jahn, H. Koettnitz şi H. Schulze (Germania). Utilizarea conductoarelor de protecţie pentru ameliorarea reanclanşării monofazate rapide a liniilor lungi de foarte înaltă tensiune.
402. A. Edlinger, H. Glavitsch şi A. Ritter (Austria). Utilizarea bobinelor de înaltă tensiune pentru compensarea liniilor de foarte înaltă tensiune.
403. K. Jagsich (Austria) şi L. Erhart (Elveţia). Probleme privind concepţia aparatajului pentru reţele de foarte înaltă tensiune de 765 kV.
404. T. Yamada, S. Fujii, H. Kondo şi K. Okubo (Japonia). Studiul experimental al efectului corona asupra liniei experimentale de 800 kV Tanashi.
406. J. G. Anderson, J. L. Laforest, D. D. McCarthy, F. Olsen şi C. B. Lindh (S.U.A.). Rezultatele cercetărilor asupra transportului la foarte înaltă tensiune, efectuate în cadrul proiectului EHV.
409. N. Larsson şi K. Pönni (Finlanda). Măsurarea pierderilor corona provocate de chiciură şi de precipitaţii de iarnă la linii de 400 kV în Finlanda, considerînd îndeosebi evaluarea pierderilor corona provocate de chiciură pe baza datelor meteorologice.
410. J. A. Rawls şi J. K. Dillard (S.U.A.). Studiul tehnic al reţelei de transport de 500 kV a întreprinderii Virginia Electric and Power Company.
411. N. Knudsen (Suedia). Măsurarea pierderilor corona şi a perturbaţiilor de înaltă frecvenţă la tensiuni alternative înalte pe linii experimentale.
412. Ph. Sporn, T. J. Nagel şi W. S. Price (S.U.A.). Transportul energiei electrice în Statele Unite. Prevederi pentru anul 2000.
413. A. A. Akopian, G. N. Aleksandrov, N. P. Emelianov, V. I. Levitov, A. V. Miroliubov, I. S. Naiachkov, A. V. Panov, V. I. Popkov, S. S. Rokotian, N. N. Sokolov şi N. N. Tihodeiev (U.R.S.S.). Linia experimentală industrială Konakovo-Moscova pentru transportul de energie la 750 kV.
415. E. W. Boehne (S.U.A.) şi G. Carrara (Italia). Comportarea izolaţiei liniilor şi staţiilor de tensiune foarte înaltă la supratensiuni de comutaţie.
419. R. Bartenstein, E. Schäfer şi W. Vogl (Germania). Măsuri de atenuare la o linie electrică aeriană de înaltă tensiune.
420. Ph. Sporn, F. Cahen şi M. Magnien. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 9 (Transport de energie prin curent alternativ de foarte înaltă tensiune).
421. I. De Pinedo, A. Fernandez Trelles, M. de la Fuente şi J. Kariger (Spania). Reţeaua de 400 kV a Soc. Hidroelectrica Española; concepţia şi dezvoltarea iniţială.

Grupa 43. *Tensiuni foarte înalte (curent continuu)*

405. F. Iliceto (Italia), J. D. Aisworth şi F. G. Goodrich (Anglia). Cîteva aspecte de proiectare a filtrelor de armonice pentru linii de transport de înaltă tensiune în curent continuu.
407. N. Hylten-Cavallius, S. Annestrand (Suedia), J. L. Maksiejewski (Polonia) şi J. Ellder (Suedia). Pierderi corona, perturbaţii de înaltă frecvenţă şi condiţii pentru izolatoarele liniilor de înaltă tensiune de curent continuu. Studiul perturbaţiilor datorite izolatoarelor la frecvenţe între 30 şi 1500 MHz.
408. G. von Geijer, S. Smedsfelt, L. Ahlgren (Suedia) şi E. Andersen (Danemarca). Proiectul interconexiunii la înaltă tensiune în curent continuu Konti-Skan.
414. D. Harcombe, A. Stalewski, G. E. Gardner, A. J. Good şi M. J. Little (Anglia). Evaluarea unor circuite selecţionate pentru încercarea ventilelor mari cu vapori de mercur de înaltă tensiune.
416. F. J. Lane şi S. Smedsfeld. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 10 (Transportul energiei prin curent continuu de foarte înaltă tensiune).
417. J. Malaval şi J. Cladé (Franţa), L. Csuros şi G. H. Jarrett (Anglia). Comportarea în exploatare a instalaţiilor de interconexiune în curent continuu Franţa—Anglia.

Rapoarte care nu au fost discutate

Următoarele rapoarte privesc lucrările Comitetului de studii al căror obiect nu figurează în programul sesiunii 1964. Ele sînt prezentate cu titlu informativ şi pentru a ţine pe congresişti la curent cu lucrările acestor comitete după sesiunea din 1962. Ele nu au fost supuse discuţiilor.

136. H. Weiss şi T. Salomon. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 18 (Uleiuri izolante şi izolanţi).
137. H. Elsner. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 18 (Condensatoare).
325. L. Richard. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 14 (Telecomunicaţii).
331. L. Gosland. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 11 (Perturbaţii telefonice şi radiofonice).
418. H. Baatz. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 15 (Coordonarea izolaţiilor).

Conf. ing. **E. Constantinescu**

Considerații asupra schemelor principiale și dispozițiilor instalațiilor electrice în centralele electrice industriale

Ing. **M. Stein**, ing. **C. Bădescu** și arhitect **C. Călinescu**

1. Ca o consecință directă a industrializării apare necesitatea construirii, pe lîngă marile combinate industriale, de centrale electrice industriale. Această necesitate este justificată în primul rînd de faptul că majoritatea acestor consumatori au nevoie, în procesul lor de producție, de importante cantități de abur. Ca urmare, cele mai multe din centralele industriale sînt echipate cu turbine de contrapresiune sau de condensație cu prize.

În general, necesitățile de energie electrică ale acestor consumatori depășesc posibilitățile de producere de energie electrică a grupurilor din centralele de termoficare industrială, ceea ce determină existența unor conexiuni uneori destul de puternice cu sistemul energetic național.

Aceste conexiuni la sistemul energetic se fac, în cazul unor consumatori de energie mai mici, la tensiunea generatoarelor, iar în cazul unor consumatori importanți, prin intermediul unor transformatoare, la tensiunea de 35 sau 110 kV, iar în unele cazuri chiar la 220 kV.

Evident că centralele electrice industriale trebuie să aibă o bară colectoare la tensiunea generatoarelor, care este de 6 kV și la care se face și distribuția la consumatori.

Dacă la centralele cu grupuri puține și cu slabă legătură cu sistemul puterile de scurtcircuit nu depășesc valorile admisibile în rețelele de distribuție în cablu ($\leqslant$ 200 MVA la 6 kV), la centralele mai mari sau avînd legătură puternică cu sistemul energetic trebuie luate măsuri pentru limitarea puterilor de scurtcircuit.

Caracteristic pentru aceste tipuri de centrale este faptul că măsurile necesare de luat în această privință sînt foarte disproporționate în raport cu mărimea centralei. Astfel, în unele cazuri, pe lîngă clădirea relativ mică a centralei, apare necesitatea construirii unei clădiri mari pentru stația de distribuție și pentru bobinele de reactanță de limitare a puterii de scurtcircuit.

Cu toate că în unele cazuri limitarea puterii de scurtcircuit s-ar putea realiza și prin funcționarea secționată a barelor colectoare, mulți dintre beneficiarii acestor centrale nu admit asemenea rezolvări ale problemei, arătînd că această funcționare conduce la importante reduceri ale elasticității schemei și la îngreunarea exploatării.

Strîns legată de limitarea puterilor de scurtcircuit este problema extinderilor viitoare ale centralelor industriale, prin instalarea de noi grupuri sau întărirea legăturii cu sistemul energetic.

În aceste cazuri, soluția se găsește uneori foarte greu, deoarece, de obicei, în prima etapă de dezvoltare a centralei, puterea de scurtcircuit la 6 kV nu depășește 200 MVA. Apare deci problema dacă clădirea stației de distribuție trebuie de la început construită pentru posibilitatea instalării în viitor a bobinelor de reactanță sau se prevăd anumite posibilități de extinderi viitoare.

Într-adevăr, deoarece extinderile viitoare nu sînt totdeauna certe, centralele industriale avînd perspectivă de dezvoltare în general foarte puțin precizată, hotărîrea de a face investiții inițiale considerabil mai mari pentru construcția stației este greu de luat, iar pe de altă parte, dacă aceste investiții nu se fac de la început, extinderea stației pentru montarea bobinelor devine destul de dificilă.

Pornind de la aceste aspecte generale privitoare la centralele electrice industriale, se analizează în cele ce urmează unele variante de scheme principiale și dispoziții generale ale instalațiilor electrice.

Ideea de bază a considerațiilor de mai jos este realizarea unei scheme și dispoziții care să asigure posibilități de dezvoltare viitoare armonioase fără a determina necesitatea unor investiții inițiale însemnate.

2. În ideea exprimată mai sus trebuie pornit de la schema cea mai simplă spre cea mai complexă pe care o poate avea o centrală industrială *). O dată cu dezvoltarea pe etape a schemei trebuie avută în vedere posibilitatea de extindere a construcțiilor.

În figura 1 este reprezentată cea mai simplă schemă a unei asemenea centrale, pentru prima etapă. Grupurile (maximum două) de putere între 3 și 6 MW debitează pe un simplu sistem de bare de 6 kV secționat longitudinal (cu cuplă închisă în funcționare normală), care servește atît pentru alimentarea consumatorilor industriali, cît și pentru alimentarea motoarelor de 6 kV ale serviciilor proprii.

Tot pe aceste bare se face în această etapă legătura cu sistemul, fie prin doi fideri de 6 kV, fie prin două transformatoare de 35/6 sau 110/6 kV. În această etapă puterea de scurtcircuit nu depășește în general 200 MVA la 6 kV.

Stația de 6 kV este executată în celule capsulate cu întrerupătoare montate pe cărucioare debroșabile.

---

*) Se consideră centralele de putere mică și medie ca fiind cele mai frecvente.

În cazul apariţiei unui nou grup sau al întăririi legăturii cu sistemul energetic, ceea ce ar determina creşterea puterii de scurtcircuit peste 200 MVA, va fi necesară aplicarea de mijloace

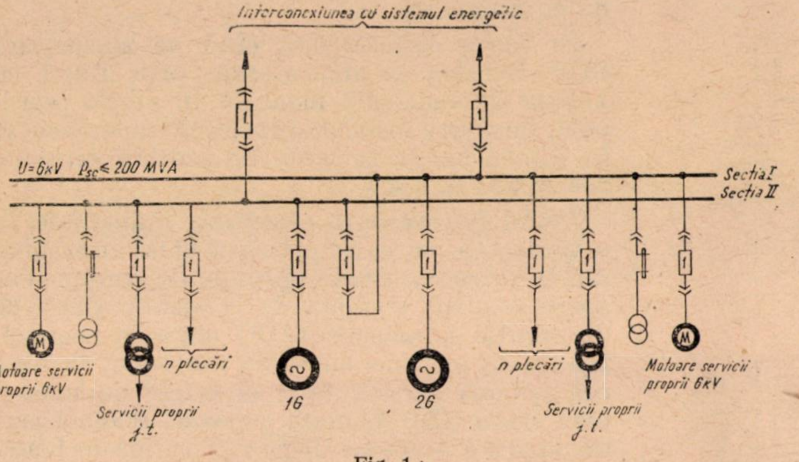

Interconexiunea cu sistemul energetic
U=6kV P_{sc}≤ 200 MVA
Secţia I
Secţia II
Motoare servicii proprii 6kV
n plecări
Servicii proprii j.t.
1G
2G
n plecări
Servicii proprii j.t.
Motoare servicii proprii 6kV

Fig. 1 :
1 – întreruptor IUP – 10, 200 MVA, I_{max} = 1000 A.

de limitare a puterii de scurtcircuit. În acest caz se consideră recomandabilă soluţia separării barelor colectoare pe puteri de scurtcircuit, aşa cum se face pe tensiuni.

Se prevede deci crearea a două sisteme de bare colectoare : unul ,,de mare putere de scurtcircuit'' (*BPSC*) şi altul ,,de mică putere de scurtcircuit'' (*Bpsc*).

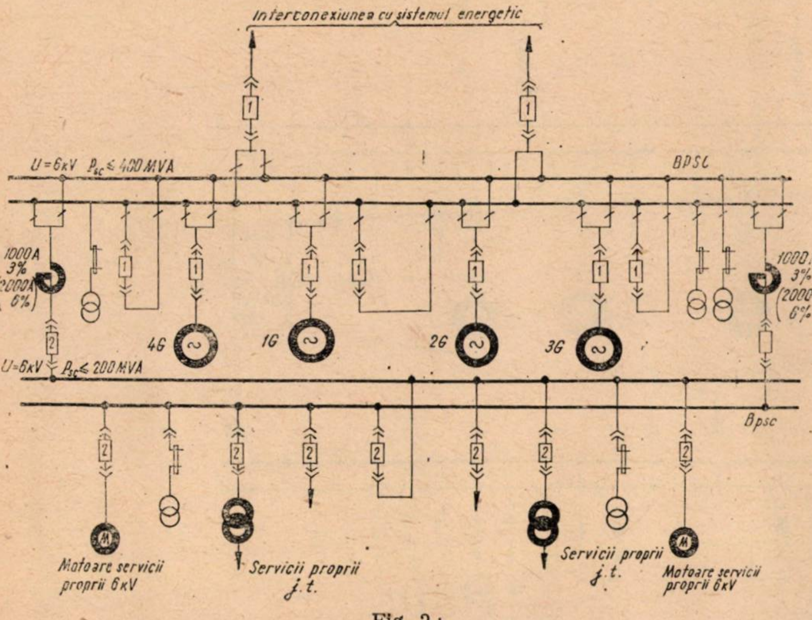

Interconexiunea cu sistemul energetic
U=6kV P_{sc}≤ 400 MVA
BPSC
1000 A 3%
2000 A 6%
4G
1G
2G
3G
1000 A 3%
2000 A 6%
U=6kV P_{sc}≤ 200 MVA
Bpsc
Motoare servicii proprii 6kV
Servicii proprii j.t.
Servicii proprii j.t.
Motoare servicii proprii 6kV

Fig. 2 :
1 – întreruptor VEG – 10, 400 MVA, I_{max} = 2000 A sau Delle – 10, 400 MVA, I_{max} = 2500 A;
2 – întreruptor IUP – 10, 200 MVA, I_{max} = 1000 A.

Deoarece gradul de siguranţă în alimentarea consumatorului se presupune neschimbat la trecerea de la o etapă la alta, barele de distribuţie de 6 kV *Bpsc* rămîn la fel ca în prima etapă (eventual se poate mări numărul celulelor). Instalaţia se completează însă cu un nou sistem de bare (care poate fi dublu sau simplu, în funcţie de necesităţi), separat de cele de distribuţie prin două bobine de reactanţă (fig. 2). Acest nou sistem de bare este ,,de mare putere de scurtcircuit'' (*BPSC*).

Deoarece, în marea majoritate a cazurilor, transformatoarele de legătură cu sistemul nu depăşesc 25MVA şi generatoarele 15 MVA, adică nu se depăşeşte curentul de 2 000 — — 2 500 A la 6 kV, pentru amenajarea acestui nou sistem de bare se pot folosi celule metalice complet prefabricate, care necesită numai un singur palier. Întrerupătoarele pot fi de tipul cehoslovac, VEC—10 de 400 MVA, sau viitoarele întrerupătoare de tipul DELLE, care se vor fabrica în ţară.

Avantajele unei asemenea scheme constau în :

— posibilitatea de a se extinde clădirea staţiei pe un singur nivel fără a fi nevoie de investiţii iniţiale în acest scop (fig. 3) ;

— înlăturarea necesităţii legării de bobine de reactanţe pe bare sau pe surse, deci şi a dezavantajelor importante cunoscute ale unor asemenea conexiuni ;

— micşorarea considerabilă a numărului de bobine de reactanţă ;

— ieftinirea soluţiei[*].

Siguranţa de alimentare a consumatorilor industriali şi de servicii proprii nu este afectată, rămînînd aceeaşi ca şi în figura 1, deoarece bobinele se dimensionează astfel încît prin fiecare din ele să se poată asigura întreaga putere cerută.

În cazul existenţei a două bobine de 1 000 A se poate furniza o putere maximă de circa 10 000 kVA, iar în cazul existenţei a două bobine de 2 000 A, o putere de 20 000 kVA. Anclanşarea întrerupătorului de cuplă al barelor de distribuţie se face automat, la defectarea unuia din circuitele de bobină sau a sistemului de bare de pe care sînt alimentate.

În cazul cînd consumul creşte peste 20 000 kVA sau creşte numărul de plecări, este recomandabil a se trece la schema din figura 4. În acest caz, consumul pe barele de distribuţie poate creşte la 40 000 kVA, caz în care se pot prevedea patru bobine de 2 000 A pentru asigurarea unei rezerve de 100% în bobine.

---

[*] Se vede în figura 3 că deasupra corpului *A* se poate dispune camera de comandă şi podul ei de cabluri, acesta din urmă avînd înălţimea de 2 m. Astfel, nivelul camerei de comandă ajunge la cota de 5,00 m. adică la cota de circulaţie a sălii maşinilor. În figură sînt arătate cabine pentru patru bobine, conform schemei din figura 4.

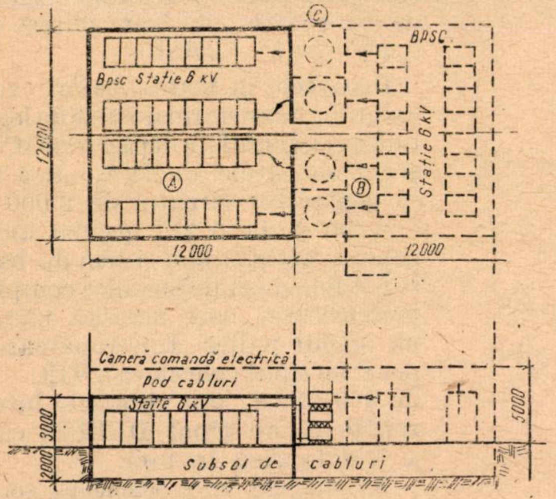

C
BPSC
Bpsc Stație 6 kV
Stație 6 kV
A
B
12000
12000
Cameră comandă electrică
Pod cabluri
Stație 6 kV
3000
2000
5000
Subsol de cabluri

Fig. 3 :
A – corpul barelor de mică putere de scurtcircuit; *B* – corpul barelor de mare putere de scurtcircuit; *C* – corpul bobinelor de reactanţă.

După cum rezultă din schema prezentată, principiul realizării schemelor constă în separarea staţiei de distribuţie de aceea de conexiuni pentru surse. Acest principiu se consideră recomandabil de aplicat, deoarece în reţelele de distribuţie industriale se prevede aproape totdeauna o staţie de distribuţie principală (SDP) separată, atunci cînd aceasta nu poate fi comasată în staţia de transformare coborîtoare de la care se face alimentarea cu energie electrică (de exemplu în cazul cînd staţia de alimentare nu se poate amplasa la distanţă suficient de mică de consumator).

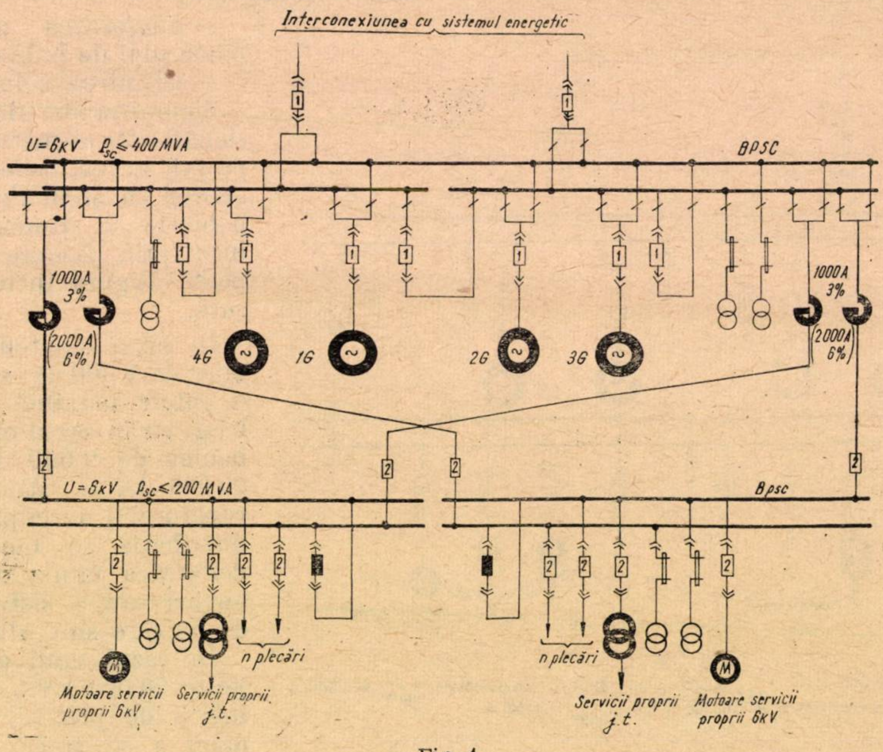

Interconexiunea cu sistemul energetic
U=6kV $P_{sc} \leq 400$ MVA
BPSC
1000A 3%
2000A 6%
1000A 3%
2000A 6%
4G
1G
2G
3G
U=6kV $P_{sc} \leq 200$ MVA
Bpsc
n plecări
n plecări
Motoare servicii proprii 6kV
Servicii proprii j.t.
Servicii proprii j.t.
Motoare servicii proprii 6kV

Fig. 4.

În toate cazurile însă cînd se amenajează SDP, acestea se alimentează prin fideri cu bobine de reactanţă montate în staţia principală, deoarece instalaţia din SDP nu trebuie să fie dimensionată la puteri de scurtcircuit peste 200 MVA la 6 kV.

Avînd în vedere că centralele industriale, în majoritatea lor, se amplasează chiar în incinta, sau în orice caz foarte aproape de consumator, apare evident tendinţa de a instala staţia de distribuţie principală (SDP) chiar în centrală. Nu există însă nici un fel de motive ca în acest caz schema acestei staţii să difere de aceea a unei staţii SDP montată separat. Singura particularitate a acestei dispoziţii rezidă în faptul că de la aceste bare se alimentează şi serviciile proprii ale centralei.

Împotriva celor arătate mai sus se poate aduce obiecţia că în cazul staţiilor SDP apare uneori necesitatea amenajării de bare duble colectoare. Acest caz, mai rar întîlnit, se poate rezolva foarte bine în soluţiile de mai sus, cu observaţia că, în acest caz, o parte din celulele capsulate se înlocuiesc cu celule prefabricate de tip deschis pentru dublu sistem de bare, şi acestea se dispun într-o extindere a clădirii existente din prima etapă.

O schemă interesantă, şi tot mai des întîlnită în literatura tehnică, este aceea a racordării unor anumite circuite foarte importante la două secţiuni de bare, folosindu-se în acest scop două celule capsulate cu întrerupător. Prin această soluţie se evită necesitatea folosirii unor celule mai scumpe (cu dublu sistem de bare) şi a unei clădiri cu înălţimi mai mari (fig. 5).

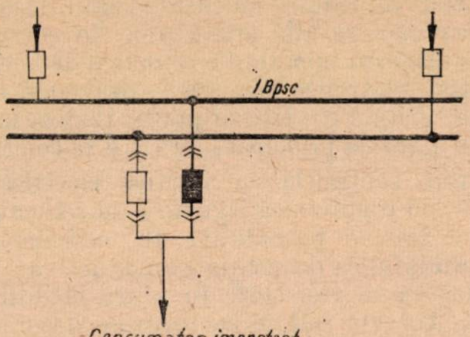


Fig. 5.

Această schemă este, în multe cazuri, mai avantajoasă decît schema cu dublu sistem de bare colectoare, deoarece comutarea de pe o bară pe cealaltă se face prin întrerupător (eventual automatizat) şi nu prin separatoare.

Necesitatea limitării puterii de scurtcircuit în reţeaua de distribuţie la 200 MVA este evidentă şi cunoscută; de aceea nu se va mai insista asupra ei. Nici puterea de scurtcircuit pe barele *BPSC* nu va trebui să depăşească anumite valori-limită pentru ca instalaţia să nu devină deosebit de greoaie şi prea scumpă. Astfel, în literatura de specialitate se arată că nu trebuie depăşită puterea de 600 MVA pe barele colectoare de 6 kV. Avînd în vedere, însă, puterile electrice care sînt cerute de consumatorii industriali despre care este vorba, este posibil ca acest plafon să fie coborît pînă la 400 MVA. Dacă s-ar depăşi acest plafon, aparatajul din ţară (excluzînd întrerupătoarele, care, oricum, nu corespund acestei puteri) nu ar mai putea fi folosit.

Presupunînd, deci, că plafonul puterii de scurtcircuit pe barele *BPSC* se fixează la 400 MVA, se poate uşor deduce că pentru a reduce puterea de scurtcircuit sub 200 MVA pe barele *Bpsc* este suficient ca bobinele de reactanţă de 1 000 A să aibă o reactanţă numai de 3%, iar cele de 2 000 A, de 6%.

Dat fiind, însă, că toţi consumatorii noi funcţionează cu un factor de putere ridicat (0,85 – 0,9), deoarece există obligativitatea de a se lua măsuri de îmbunătăţire a factorului de putere pînă la valorile de mai sus şi căderea de tensiune pe bobine este proporţională cu sin φ, se poate vedea că influenţa negativă a bobinelor de reactanţă, din acest punct de vedere, este foarte redusă.

Căderea de tensiune prin bobină este dată de relaţia:

$$\Delta U\% = X\% \frac{I_s}{I_n} \sin \varphi^{*)} \qquad (1)$$

în care:

$\Delta U\%$ este căderea de tensiune, %;
I_s — curentul de sarcină, A;
I_n — curentul nominal al bobinei, A.

Considerînd cazul cel mai defavorabil, în care I_s este egal cu curentul nominal al bobinei (cazul defectării uneia dintre bobine), iar factorul de putere este egal cu 0,85, se obţine căderea de tensiune în bobina de 1 000 A şi 3%:

$$\Delta U\%_{max} \cong 1{,}5\%,$$

iar pentru bobina de 2 000 A şi 6%:

$$\Delta U\%_{max} \cong 3\%.$$

În cazul unui factor de putere egal cu 0,9, valorile sînt, respectiv, 1,32 şi 2,64%.

În funcţionarea normală, cînd bobinele sînt încărcate cu jumătate din curentul lor nominal (dat fiind că sînt dimensionate pentru rezervă 100%), căderile de tensiune sînt egale cu jumătatea valorilor de mai sus, adică cu: 0,66% pentru bobinele de 1 000 A; 1,32% pentru bobinele de 2 000 A.

Se vede că aceste căderi de tensiune sînt cu totul admisibile, în primul rînd fiindcă la barele centralelor nivelul de tensiune este foarte bun, şi apoi la asemenea căderi de tensiuni nu apar fenomene perturbatoare de nici un fel.

Premisa limitării puterii de scurtcircuit la *BPSC* la 400 MVA este justificată de următoarele fapte:

— Transformatoarele de legătură cu sistemul nu depăşesc în general puterea de 2 × 25 000 kVA (reactanţă 17%).

— Pe barele centralei debitează două, cel mult trei grupuri de 6 MW. Cazurile cînd în centralele considerate puterea de scurtcircuit depăşeşte 400 MVA sînt rare. Cu toate acestea, este interesant de arătat că creşterea puterii de scurtcircuit peste 400 MVA nu implică creşteri mari ale reactanţelor bobinelor.

Presupunînd din nou că tensiunea nominală a bobinei este egală cu tensiunea barelor la care sînt racordate (6 kV), relaţia după care se determină această reactanţă în funcţie de puterea nominală a bobinei ($U_n \times I_n \times \sqrt{3}$) şi în funcţie de puterea de scurtcircuit pe barele *BPSC*, pentru puterea de scurtcircuit pe barele *Bpsc* la 200 MVA, este:

$$X\%_b = \frac{P}{10}\left(\frac{1}{200} - \frac{1}{P_{sc}}\right), \qquad (2)$$

---

*) Relaţia neglijează unghiul de decalaj între tensiunea înainte şi după bobină, acesta fiind foarte mic.

în care :

$X\%_b$ este reactanţa procentuală a bobinei, % ;
P_{sc} — puterea de scurtcircuit pe barele *BPSC*, MVA ;
P — puterea nominală a bobinei, kVA.

Rezultatele obţinute pentru diverse puteri de scurtcircuit pe barele *BPSC* sînt date în tabela 1.

Tabela 1

P kVA	P_{sc} MVA	$X\%_b$ %
10 000	600	3,50
10 000	800	3,75
10 000	1 000	4,00
20 000	600	7,00
20 000	800	7,50
20 000	1 000	8,00

Se vede că reactanţa bobinelor creşte încet cu puterea de scurtcircuit. Deci limitarea puterii de scurtcircuit la 400 MVA pe barele *BPSC* nu este condiţionată de posibilitatea reducerii acestei puteri la 200 MVA în condiţiile schemelor arătate, ci numai de condiţii tehnico-economice.

3. Sînt cazuri cînd este raţional ca de la început (din prima etapă) centrala să fie astfel dezvoltată, încît instalaţia electrică să se dimensioneze pentru puteri mari de scurtcircuit.

Pentru asemenea cazuri, în cadrul Institutului de studii şi proiectări energetice, s-au dat soluţii care o dată cu satisfacerea cerinţelor principale ale schemei oferă şi deosebite avantaje economice. O asemenea schemă este reprezentată în figura 6.

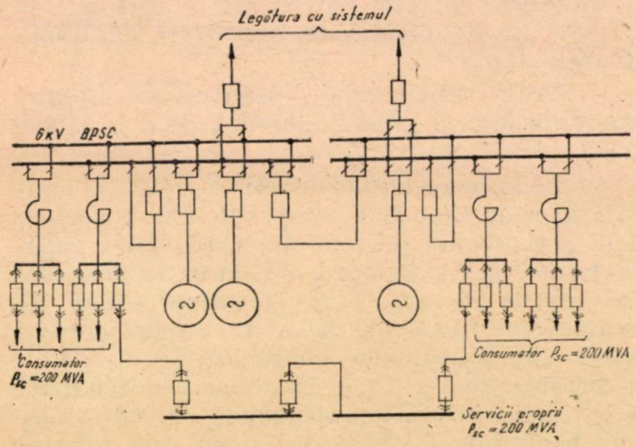

Legătura cu sistemul
6kV BPSC
Consumator P_{sc}=200 MVA
Consumator P_{sc}=200 MVA
Servicii proprii P_{sc}=200 MVA

Fig. 6.

Schema este deosebit de avantajoasă în instalaţii cu un număr mare de plecări, în care caz se micşorează considerabil cheltuielile de investiţii. Această schemă presupune că pentru fiecare plecare există şi o altă alimentare în schema de distribuţie.

În consecinţă se consideră că pentru asemenea cazuri (dezvoltarea de la început a schemei cu bobine de reactanţă şi cu multe plecări), schema din figura 6 rămîne cea mai avantajoasă.

4. Modul de rezolvare a dispoziţiei constructive a grupului electric este strîns legat de schema electrică a centralei.

Dezvoltarea schemei electrice se face într-o serie de încăperi din cuprinsul clădirii principale, sau în clădiri alăturate sălii maşinilor, deoarece aici se află atît sursa de energie cît şi consumatorii importanţi ai serviciilor interne.

Pentru centralele mici fără prevederi de extindere, grupul electric se poate realiza în bloc, lipit de clădirea principală cu care se comasează.

Pentru centralele cu partea electrică dezvoltată, cu o puternică legătură cu sistemul şi la care se prevăd posibilităţi de extindere, este recomandabil ca dispoziţia constructivă a părţii electrice să se proiecteze în afara clădirii principale. Această soluţie se impune deoarece, pe de o parte, creşterea părţii electrice conduce la volume mari, care nu mai pot fi subordonate sau înglobate în clădirea principală, iar pe de altă parte sensul şi mărimea extinderilor viitoare fac ca volumele tehnologice să difere de la un obiect la altul şi să se piardă unitatea ansamblului arhitectonic, închegat iniţial.

Un factor important în stabilirea partiului îl constituie natura combustibilului, care are ca efect prezenţa sau lipsa corpului buncărelor. Volumul corpului buncărelor poate adăposti satisfăcător la cota + 0,00 o staţie de 0,4 kV şi eventual de 6 kV de servicii proprii.

Indiferent de dispoziţia încăperilor, instalaţiile electrice trebuie să aibă asigurate posibilităţile de extindere.

O soluţie care permite realizarea acestui deziderat şi oferă în acelaşi timp o integrare optimă în ansamblul realizat iniţial constă în aşezarea instalaţiilor electrice într-o construcţie plasată la faţa frontului fix al clădirii principale, creînd, împreună cu încăperile exploatării, blocul-anexă.

Ponderea mare în acest bloc o are grupul electric, care cuprinde staţiile de distribuţie, camera de comandă, podurile de cabluri, redresoarele, transformatoarele de servicii interne, bateria de acumulatoare, staţia de compresoare, instalaţiile de telefonie etc.

Acest volum electric important condiţionează dimensiunile blocului, distribuţia încăperilor şi circulaţia tehnologică. Pentru asigurarea extinderii staţiei, amplasarea acesteia se va alege, de preferinţă, într-unul din colţuri sau pe o latură liberă a blocului.

A doua dispoziţie recomandabilă în cazul centralelor industriale de putere medie este aceea în care blocul-anexă este dispus în două corpuri de clădire în formă de L sau T, cu una din laturi lipită de clădirea principală. În acest caz, latura liberă, care are largi posibilităţi de extindere, adăpostește stațiile electrice de conexiuni și distribuție, iar latura limitată între stații și clădirea principală cuprinde camera de comandă electrică și încăperile exploatării.

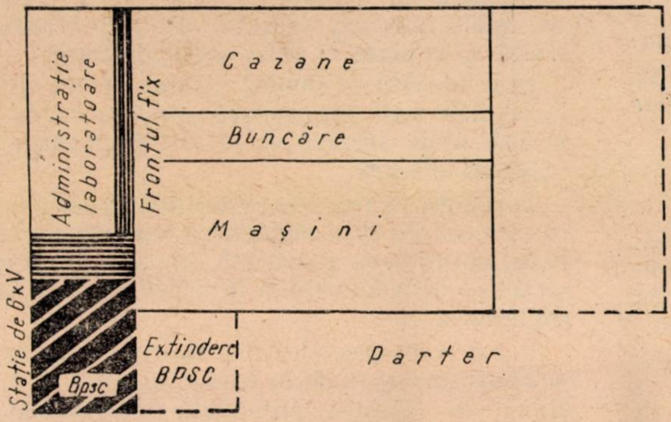

Administrație laboratoare
Frontul fix
Cazane
Buncăre
Mașini
Stație de 6kV
Bpsc
Extindere BPSC
Parter

Fig. 7 *a*.

Prin această latură se asigură și legăturile dintre clădirea principală și stațiile de servicii interne.

Realizarea dispoziției constructive potrivit schemei electrice expuse mai sus se prezintă în două variante, conform figurilor 7 și 8.

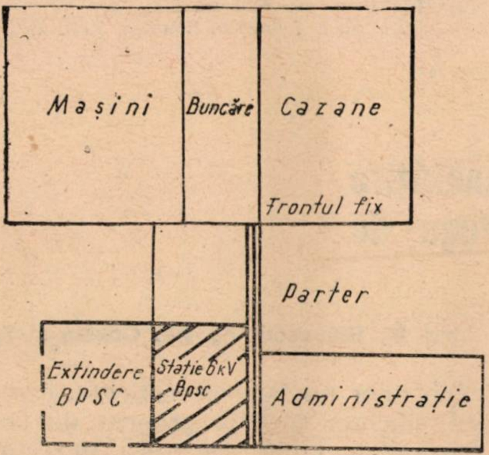

Mașini
Buncăre
Cazane
Frontul fix
Parter
Extindere BPSC
Stație 6kV
Bpsc
Administrație

Fig. 8 *a*.

Figura 7 reprezintă amplasarea grupului cameră de comandă și stație de 6 kV într-o construcție alăturată clădirii principale. Această dispoziție permite o proiectare modulată a construcției atît pentru etapa inițială cît și pentru etapele extinderilor viitoare, cărora le asigură o dezvoltare nestînjenită, ca urmare a poziției extreme a stației.

Figura 8 reprezintă o schemă de plan necomasată în formă de L; posibilitățile de extindere a acestei dispoziții sînt identice cu cele ale dispoziției din figura 7; în plus izolarea stației mărește posibilitățile de amplasare a transformatoarelor de servicii proprii în jurul stației de 6 kV.

Aripa tangentă la frontul fix al uzinei cuprinde încăperile electrice grupate pe patru nivele.

La cota ± 0,00 este stația de 6 kV *Bpsc*, care are un subsol de cabluri la — 2,00.

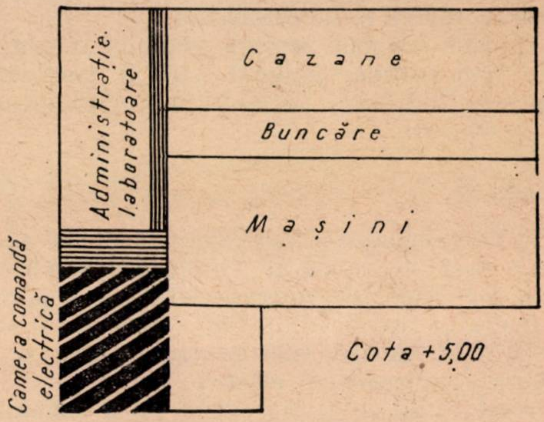

Administrație laboratoare
Cazane
Buncăre
Mașini
Camera comandă electrică
Cota +5,00

Fig. 7 *b*.

Deasupra stației, la cota + 3,00 se află podul de cabluri al camerei de comandă electrică, iar la cota + 5,00 — cota de deservire a sălii mașinilor — se află camera de comandă electrică.

Această dispoziție, care grupează spațiile tehnologice electrice, are remarcabile calități funcționale și constructive, prin reducerea circuitelor de legătură, reducerea circulației de deservire și uniformizarea elementelor constructive.

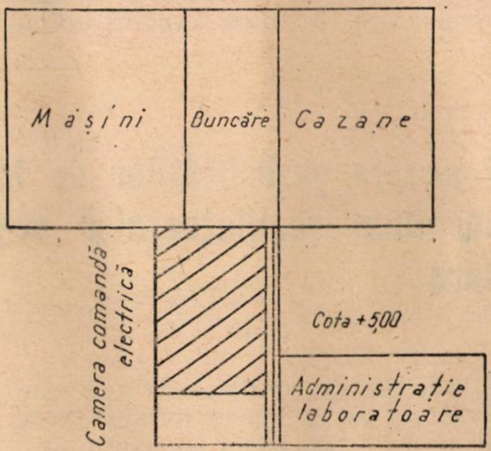

Mașini
Buncăre
Cazane
Camera comandă electrică
Cota +5,00
Administrație laboratoare

Fig. 8 *b*.

Trecerea de la această etapă la faza de extindere nu schimbă dispoziția inițială, ci numai o completează.

Pentru instalarea barelor de mare putere de scurtcircuit — etapa următoare de extindere — este necesar un subsol de cabluri la cota celui existent și o succesiune de încăperi pentru bobinele de reactanță și stația *BPSC*. Dispoziția constructivă inițială permite această extindere atît în plan cît și pe verticală, bobinele de reactanță cerînd o înălțime mai mare de 3,00 m (fig. 3).

În aripa liberă a blocului-anexă se pot dezvolta, la parter, o parte din încăperile grupului electric, cum ar fi: bateria de acumulatoare, staţia de compresoare, telefonie etc.

La nivelele superioare se pot instala încăperile administrative şi laboratoarele.

Această schemă asigură planului o elasticitate remarcabilă, calitate care îi permite să cuprindă funcţiuni variabile în cursul etapelor de dezvoltare.

Concluzii

1. La amenajarea centralelor electrice industriale trebuie avută în vedere o schemă electrică şi o dispoziţie constructivă care să permită dezvoltarea instalaţiilor, fără a necesita investiţii iniţiale mărite, nici pentru clădire şi nici pentru echipamentul electric.

Acest lucru se poate obţine cu o schemă în care se separă barele colectoare pe puteri de scurtcircuit, putîndu-se monta iniţial numai bara de mică putere de scurtcircuit, iar în extindere bara de mare putere de scurtcircuit. Legătura între aceste bare se face prin bobine de reactanţă.

2. Pentru limitarea puterilor de scurtcircuit pe barele de putere mică de scurtcircuit, schema electrică trebuie să fie astfel realizată încît numărul bobinelor de reactanţă să fie minim, obţinîndu-se economii importante şi scheme simple în exploatare. În afara cazului arătat la punctul 3, nu este justificată dimensionarea de la început a clădirilor staţiilor pentru bobine de reactanţă (pe două nivele cu gabarite mari).

3. Pentru barele de distribuţie este recomandabilă schema cu bare simple secţionate, urmînd ca unele plecări, deosebit de importante, să poată fi cuplate la două secţii de bare.

Prin aceasta se elimină dublul sistem de bare la celulele care nu necesită acest lucru, se simplifică mult schema şi se reduc gabaritele şi volumul clădirii.

Totodată se măreşte siguranţa de funcţionare în exploatare prin eliminarea separatoarelor de bare, comutarea plecărilor importante de pe o secţie pe alta făcîndu-se în acest caz prin întrerupătoare.

4. La centralele electrice la care se întrevede posibilitatea extinderii, corpul electric să nu fie alipit de clădirea principală a centralei, pe latura extensibilă a acesteia. Acest corp poate fi alipit de faţada fixă a clădirii principale sau poate forma o bară separată, avînd o a doua bară de legătură cu latura extensibilă a clădirii principale.

Bibliografie

[1] Grassl, H. ş. a. *Kraftwerke für die Papier-Industrie.* AEG Mitteilungen nr. 1/1959.

[2] Müller, G. *Sicherstellung der Energieversorgung in chemischen Betrieben.* Siemens Zeitschrift, nr. 6, 1964.

Cercetări asupra posibilităţilor de îmbunătăţire a randamentului ventilatoarelor centrifuge de mare putere

Ing. **M. Slăvescu**, ing. **Gh. Cosma** şi **S. Stoenescu**

Dificultăţile legate de construirea unor ventilatoare centrifuge cu caracteristici superioare sînt deosebit de mari. Ele îşi au izvorul în dificultatea aplicării ecuaţiilor hidrodinamice ale curgerii gazelor în canale, în stratul marginal, ecuaţii hotărîtoare în calculul ventilatoarelor. În acest caz trebuie ţinut seamă de o serie de factori specifici ventilatoarelor, cum ar fi influenţa mişcării de rotaţie asupra scurgerii gazelor în canale.

Dacă metodicele de calcul folosite de constructori erau satisfăcătoare în cazul realizării unor ventilatoare de debite şi presiuni mici, cerinţa pentru ventilatoare de mare putere a pus probleme noi.

Puterile mari consumate de ventilatoarele necesare cazanelor de abur ale centralelor termoelectrice pun, pe lîngă problema obţinerii parametrilor debit şi presiune necesari bunei funcţionări a cazanelor, şi pe aceea a realizării unor randamente ridicate, care să asigure un consum specific propriu de energie electrică cît mai mic. De aceea, în sectorul energetic, este necesară înlocuirea ventilatoarelor cu randamente scăzute prin ventilatoare noi, cu randamente superioare, ceea ce ar aduce mari economii de energie electrică. Pentru a ilustra acest lucru este suficient să se arate că în sectorul nostru energetic se consumă anual circa 345 000 000 kWh pentru acţionarea ventilatoarelor care au în general un randament de circa 50 %; prin îmbunătăţirea randamentului cu numai 10 %, ceea ce este tehnic realizabil, s-ar obţine un cîştig anual de energie electrică de circa 34 500 000 kWh.

Pînă în anii 1951–1952, soluţiile folosite la construirea ventilatoarelor cu randamente relativ mai ridicate erau împrumutate din domeniul pompelor centrifuge. Acum se trece la găsirea unor soluţii specifice ventilatoarelor centrifuge (palete puternic îndoite înapoi, intrarea în rotor bine rotunjită etc.); de asemenea, cerințele de parametri mari, realizabili prin construcții cu gabarite minime, au impus mărirea turației ventilatoarelor, ceea ce necesită însă o execuție din ce în ce mai îngrijită și în special un calcul minuțios, pentru a asigura o mare siguranță de funcționare.

Plecînd de la această constatare, s-a trecut chiar la realizarea unui plan de perspectivă pentru modernizarea ventilatoarelor din centrale termoelectrice de către serviciul de raționalizări hidroenergetice al Întreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME). Acest plan constă în înlocuirea treptată a actualelor ventilatoare cu ventilatoare cu randament ridicat la centralele termoelectrice mari din sistemul nostru energetic. Acțiunea a și început de altfel, actualmente fiind în curs de execuție noile ventilatoare de aer și gaze la centralele Ovidiu și Paroșeni. Dar realizarea unor asemenea ventilatoare, cu performanțe superioare, trebuie studiată cu grijă deosebită, cu urmărirea riguroasă a următoarelor trei etape:

a) proiectarea corespunzătoare teoriei moderne a calculului și construcției de ventilatoare, verificate prin noi cercetări și experimentări în laborator;

b) experimentarea variantelor preconizate, sub formă de modele, pe bancul de probă al laboratorului, pentru a se putea încerca diferite variante ale unui singur ventilator, în scopul alegerii soluției optime, atît din punct de vedere hidrodinamic cît și al posibilităților practice de execuție;

c) verificarea rezultatelor obținute pe un ventilator cap de serie, montat în centrală, și apoi extinderea soluției la ventilatoarele identice și asemănătoare.

Această linie directoare stă la baza studiului efectuat. Este important de menționat că trebuie făcute asemenea experimentări pentru toate tipurile de ventilatoare proiectate, deoarece, după cum s-a dovedit, soluțiile variază substanțial la parametrii diferiți ai ventilatoarelor.

În cele ce urmează se vor analiza elementele principale cercetate pînă în prezent la laborator, elemente care se încadrează în liniile directoare propuse de autori.

1. Linii directoare în cercetările privitoare la realizarea ventilatoarelor cu randamente și puteri ridicate

a) *Posibilități de realizare a unor randamente ridicate*

Problema fundamentală care se pune constructorului de ventilatoare de mare putere, problemă care interesează în mod deosebit centralele termoelectrice ale sistemului nostru energetic, este aceea a realizării, în condițiile unui debit și unei presiuni cerute, a unui consum de putere minim, deci a unui randament maxim.

În acest scop ne propunem să examinăm care trebuie să fie geometria optimă a rotorului ventilatorului.

Pornind de la presupunerea ideală a unui rotor cu un număr infinit de palete de grosime neglijabilă, prin care aerul circulă fără frecări, și considerînd că admisia aerului se face axial, iar intrarea în palete trebuie să fie tangentă la palete, deci fără șocuri, se determină momentul necesar transportului unei mase date de aer q. Momentul necesar se obține aplicînd legea: „momentul exterior este egal cu diferența momentelor impulsurilor de intrare și ieșire". Conform figurii 1 se poate scrie:

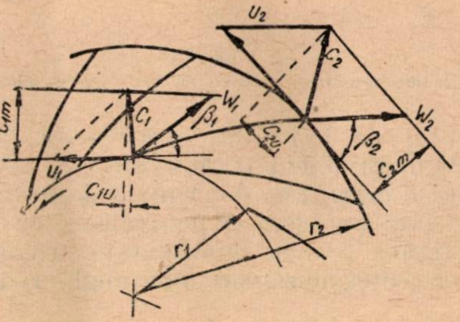


Fig. 1

$$M = q\,(r_2\,c_{2u} - r_1\,c_{1u}).$$

Notațiile folosite sînt cele uzuale.

Puterea necesară ridicării masei de aer q la o înălțime manometrică H este:

$$L = Hqg,$$

sau, folosind momentul necesar:

$$L = M_\omega = q_\omega\,(r_2\,c_{2u} - r_1\,c_{1u}) = (u_2\,c_{2u} - u_1\,c_{1u})\,q$$

De aici se obține prin egalarea celor două relații, pentru un număr infinit de palete, o presiune teoretică:

$$H_{teor.\infty} = \frac{1}{g}\,(u_2\,c_{2u} - u_1\,c_{1u}). \qquad (1)$$

În cazul intrării fără șocuri $c_{1m} = c_1$, deci $c_{1u} = 0$.

Relația (1) devine:

$$H_{teor.\infty} = \frac{1}{g}\,(u_2\,c_{2u}). \qquad (1')$$

Ținînd seamă de greutatea specifică, se obține suprapresiunea necesară:

$$\Delta p_{teor.\infty} = \gamma H_{teor.\infty}\,. \qquad (2)$$

Din relația (1′) se poate trage concluzia că singurul element ce influențează hotărîtor supresiunea furnizată de ventilator este turaţia n şi diametrul exterior d_2, în condiţii ideale, fără frecări şi cu un număr infinit de palete.

Analizînd diferitele geometrii de palete posibile, se va determina relaţia care leagă parametrii debit şi presiune ai unui ventilator de puterea consumată.

În figura 2 sînt reprezentate cele trei tipuri de palete posibile din punctul de vedere al unghiului de ieşire. Se observă că la toate tipurile unghiul de intrare în rotor β_1 este identic. Acest unghi este determinat de cerinţa unei intrări fără şoc, ceea ce echivalează cu $c_{1u} = 0$.

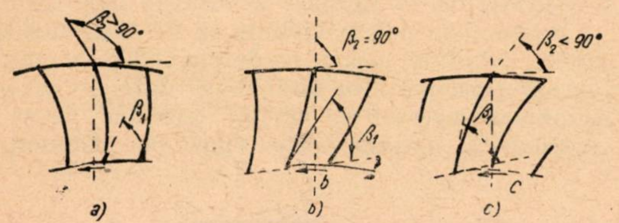


Fig. 2:

a — palete întoarse înainte; *b* — palete radiale; *c* — palete întoarse înapoi.

În figura 3 sînt reprezentate triunghiurile de viteze corespunzătoare unor unghiuri de ieşire β_2, pentru palete întoarse înapoi şi înainte, pentru aceeaşi viteză periferică u_2.

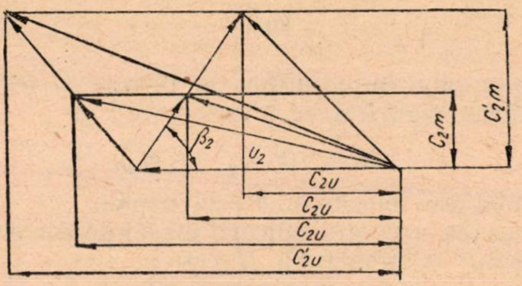


Fig 3.

Debitul ventilatorului, conform notaţiilor din figurile 1 şi 3, se determină neglijînd grosimea paletelor, cu relaţia:

$$V = c_{2m}\,\pi\,d_2\,b_2. \tag{3}$$

La o modificare a debitului componenta c_{2m} devine c'_{2m}, iar vîrful triunghiului de viteză se va deplasa în direcţia vitezei relative sub un unghi β_2, determinat de înclinarea paletei. Din triunghiurile de viteză se determină:

$$\frac{c_{2m}}{u_2 - c_{2u}} = \operatorname{tg}\beta_2. \tag{4}$$

Înlocuind valoarea astfel obţinută a lui c_{2u} în relaţiile (1′) şi (2) şi ţinînd seamă de relaţia (3), se obţine relaţia (5), care pune în evidenţă $\Delta p_{teor.\infty} = f(V)$:

$$\Delta p_{teor.\infty} = \rho u_2^2 - V\rho\,\frac{u_2}{\pi\,d_2 b_2 \operatorname{tg}\beta_2}. \tag{5}$$

Ţinînd seamă de ecuaţia puterii utile, se obţine variaţia puterii cu debitul şi unghiul β_2:

$$P = \Delta p V = \rho u_2^2 V - V^2 \cdot \rho\,\frac{u_2}{\pi\,d_2 b_2 \operatorname{tg}\beta_2}. \tag{6}$$

În figura 4 sînt reprezentate diagramele de variaţie a presiunii în funcţie de debit şi a puterii în funcţie de debit, pentru trei valori ale unghiului β_2 corespunzătoare celor trei tipuri constructive de palete.

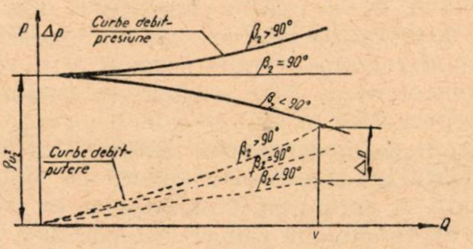


Fig. 4.

Se pot face următoarele observaţii, care sînt fundamentale pentru proiectarea de ventilatoare cu randamente ridicate şi cu parametri înalţi:

1. Presiunea unui ventilator pentru aceeaşi turaţie şi acelaşi diametru exterior d_2 creşte o dată cu creşterea unghiului β_2 pentru un acelaşi debit.

2. Puterea unui ventilator scade o dată cu scăderea unghiului β_2 pentru un acelaşi debit, în condiţiile unui rotor ce funcţionează la aceeaşi turaţie şi de aceiaşi parametri.

Deci la proiectarea de ventilatoare pentru care se urmăreşte obţinerea de randamente ridicate trebuie aleasă în mod obligatoriu soluţia paletelor îndoite înapoi. Această cerinţă, care reprezintă pasul hotărîtor făcut astăzi în construcţia de ventilatoare în vederea îmbunătăţirii randamentului, după cum se vede în figura 4, devine cu atît mai imperioasă cu cît debitele cerute sînt mai mari, obţinîndu-se un cîştig de putere ΔP din ce în ce mai mare.

În schimb, presiunea scăzînd cu unghiul β_2, la acelaşi diametru exterior al rotorului şi aceeaşi turaţie, realizarea unei anumite presiuni la ventilatoarele cu palete întoarse înapoi va duce la o creştere a diametrului d_2 faţă de ventilatoarele cu paletele întoarse înainte la aceeaşi turaţie. Deci a doua concluzie ce se obţine este: pentru ventilatoarele de randamente ridicate cu paletele întoarse înapoi, este necesară folosirea de turaţii cît mai mari în scopul obţinerii unor gabarite cît mai mici de rotoare.

Trebuie menţionat aici că mărirea turaţiei electromotoarelor de acţionare, deşi din punctul de vedere al performanţelor şi gabaritelor ventilatoarelor este deosebit de utilă şi chiar necesară, trebuie analizată de proiectant şi din punctul de vedere al siguranţei de exploatare, deoarece motoarele de turaţie scăzută (sub 1 000 rot/

min) prezintă o siguranță de exploatare mai mare decît cele cu turații mai mari.

Așadar această cerință a ventilatoarelor de randament ridicat trebuie aplicată în concordanță cu stadiul actual al construcției și exploatării electromotoarelor mari, cu puteri de peste 100 kW. Datorită acestei dificultăți, autorii au fost nevoiți să adopte soluția menținerii electromotoarelor existente de turație scăzută la ventilatoarele nou proiectate, ceea ce a dus la o sporire considerabilă a gabaritelor rotoarelor.

b) *Caracteristici adimensionale*

Teoria ventilatoarelor trebuie aplicată la întreaga gamă de cazuri practice puse de cerințele industriei.

Pentru a se putea compara și apoi generaliza în mod simplu și eficace proprietățile unei game largi de ventilatoare ale căror performanțe sînt demne de reținut, au fost folosiți o serie de indici adimensionali. În fapt, ei se vor referi la anumite dimensiuni ale ventilatoarelor care au o legătură mai mult sau mai puțin directă cu cifrele pe care le caracterizează, dar care în mod sigur pot reprezenta o bază de comparație pentru toate ventilatoarele.

În analiza de față este suficient să se arate următoarele cifre caracteristice. Respectînd notațiile din figurile 1, 2 și 3, se pot defini următorii indici :

a) Indicele de presiune :

$$\psi = \frac{\Delta p}{\frac{\rho}{2} u_2^2}. \qquad (7)$$

b) Indicele de debit :

$$\varphi = \frac{V}{u_2 \frac{\pi d_2^2}{4}}. \qquad (8)$$

c) Indicele de turație :

$$\sigma = \frac{1}{28{,}5} \cdot \frac{V^{1/2}}{\left(\frac{\Delta p}{\rho}\right)^{3/4}} \cdot n. \qquad (9)$$

d) Indicele de diametru*) δ : indicele de diametru este o valoare abstractă, care determină de cîte ori este mai mare diametrul exterior al unui rotor de un anumit debit V și presiune Δp față de un rotor cu $\psi = 1$ și $\varphi = 1$, care dă aceiași parametri. Dacă ψ și φ sînt cifrele caracteristice ale rotorului examinat, δ are valoarea :

$$\delta = \frac{\psi^{1/4}}{\varphi^{1/2}}. \qquad (10)$$

Cordier a trasat o diagramă $\sigma - \delta$, la care se obțin randamente maxime pentru ventilatoare de parametri dați. Într-adevăr, cunoscînd parametrii de calcul ai unui ventilator și turația lui de funcționare, se poate determina, conform relației (9), valoarea lui σ, iar în diagrama lui Cordier, redată și în figura 5, se determină valoarea optimă a lui δ. Cunoscînd valoarea lui δ din această diagramă, prin combinarea relațiilor (7), (8), (9) și (10), se determină toate cifrele caracteristice ale unui ventilator și se poate calcula valoarea optimă a diametrului d_2 al rotorului :

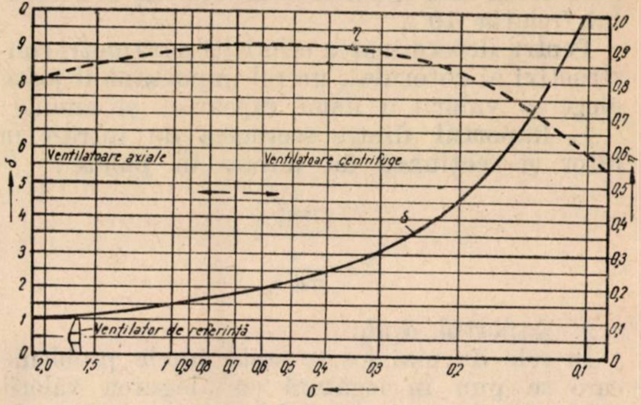


Fig 5. Trasarea diferitelor valori de construcție în diagrama δ — σ. Curbele de randamente maxime.

$$d_2 = \frac{240}{\pi n} \sqrt{\frac{\Delta p}{\psi}}. \qquad (10')$$

Practica a arătat că numai un ventilator construit pe baza datelor din diagrama Cordier poate da randamentul maxim la parametrii și turația dată. În figura 5 este trasată informativ și curba randamentelor maxime, la diferite valori σ.

c) *Dimensionarea propriu-zisă a unui ventilator*

Din cele arătate s-au putut trage de pe acum anumite concluzii referitoare la principiile directoare ale proiectării unor ventilatoare de putere mare și randamente ridicate.

Abia acum însă încep să se pună adevăratele probleme greu de rezolvat ale dimensionării unui ventilator.

Considerînd figura 6, în care sînt simbolizate dimensiunile importante ale unei scheme aero-

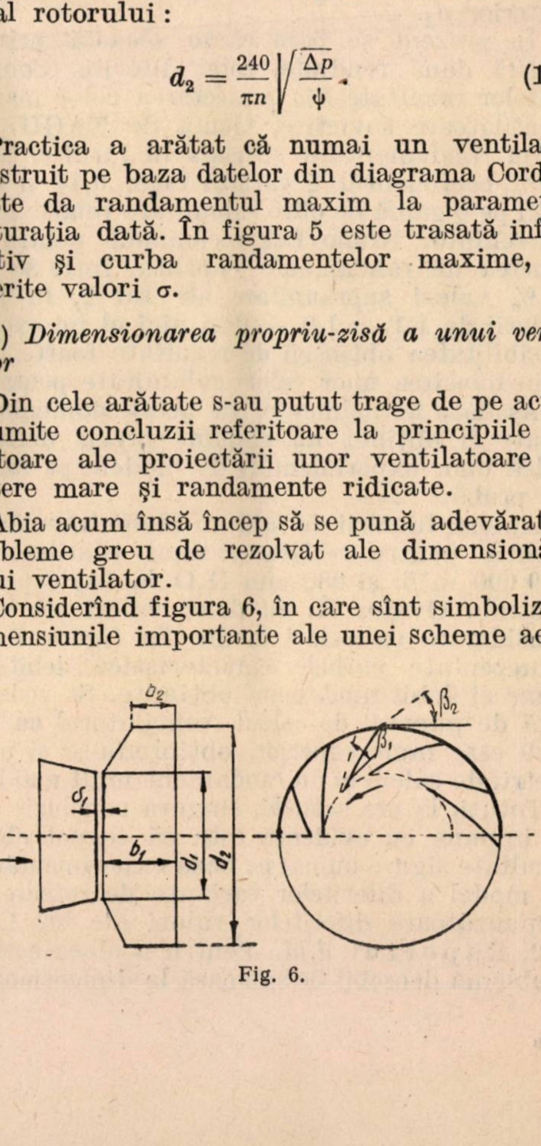


Fig. 6.

---

*) Aceste cifre au rezultat ca o contribuție a unei serii de cercetători, cum ar fi : Keller, Eck, Cordier etc.

dinamice de ventilator, se vede cu ușurință că pentru dimensionarea lui este necesară determinarea unei serii întregi de valori.

Singura dimensiune ce se poate calcula astăzi cu suficientă siguranță pe baza experienței de pînă acum este diametrul exterior d_2 al rotorului (relația 10′).

Pentru determinarea celorlalți parametri constructivi ai rotorului, un rol important îl joacă alegerea valorii a două rapoarte, și anume :

1. Raportul dintre secțiunea de intrare în rotor și secțiunea de intrare în palete :

$$\xi = \frac{\frac{\pi d_1^2}{4}}{\pi d_1 b_1}.$$

2. Raportul d_1/d_2.

În cele de mai jos se arată unele probleme care se pun în legătură cu alegerea valorii acestor rapoarte și modul în care au fost ele parțial rezolvate în cercetările de laborator întreprinse.

1. Coeficientul ξ. Calculul desfășurat al dimensiunilor hidrodinamice ale unui ventilator arată că alegerea coeficientului ξ este hotărîtoare pentru determinarea tuturor dimensiunilor ventilatorului, cu excepția diametrului exterior d_2.

În prezent se pare că în această privință există două tendințe, total diferite. Conform datelor rezultate din proiectarea celor mai noi ventilatoare sovietice, făcută de TAGHI, ale căror randamente se situează în jurul cifrei de 80%, coeficientul ξ variază între 0,44 și 0,81, deci pe o gamă de cifre subunitare relativ mare. În schimb, Bruno Eck recomandă pentru obținerea de randamente cuprinse între 80% și 90% valori supraunitare ale lui ξ, în jurul valorii de 1,1 ... 1,2 — deși nici el nu exclude posibilitatea obținerii de rezultate foarte bune prin folosirea unor valori subunitare pentru ξ.

Așadar, actualmente, în acest domeniu nu poate fi obținut un răspuns precis decît pe calea unor experimentări de modele pe bancul de probă.

Autorii lucrării de față au făcut încercări pe modele pentru realizarea unui ventilator de 190 000 m³/h și 280 mm H_2O la 145°C pentru centrala Ovidiu II, cu două valori ale lui ξ considerate ca valori medii. În figura 7 sînt reprezentate curbele caracteristice debit-presiune și debit-randament obținute. Se vede că, față de punctul de calcul, ventilatorul cu $\xi = 1{,}09$ este mult superior, obținîndu-se și parametrii de calcul și un randament mult mai bun.

Totuși, la ora actuală, singura concluzie care se impune cu evidență este că se pot obține rezultate sigure numai pe baza experimentărilor pe model a diferitelor variante de rotoare corespunzătoare diferitelor valori ale lui ξ.

2. Raportul d_1/d_2. Pentru a ataca această problemă deosebit de spinoasă la dimensionarea unui ventilator, este bine să se analizeze pierderile care apar la un ventilator.

Pornind de la aceste pierderi și luînd în considerare numai pierderile care apar la dimensionarea pentru parametrii nominali ai ventilatorului, s-a găsit o relație care face posibilă determinarea pe cale analitică a valorii $(d_1/d_2)_{opt.}$, adică a unei valori a raportului d_1/d_2 căreia îi corespunde randamentul maxim.

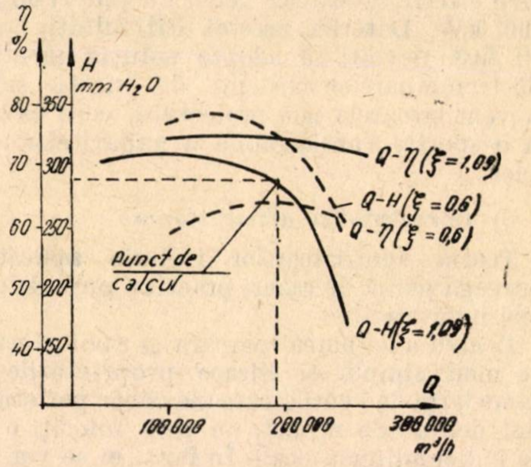


Fig. 7.

Pornind de la faptul că se poate măsura cu suficientă precizie așa-zisul randament intern η_i al ventilatorului, adică se poate determina prin metodele obișnuite puterea consumată de ventilator, eliminîndu-se puterea consumată de motor și transmisie, și defalcînd acest randament în două cifre distincte : randamentul hidraulic, η_h, determinat de pierderile hidrodinamice din rotor, și randamentul volumetric $\eta_{vol.}$, determinat de pierderile datorită scăpărilor la interstițiul dintre carcasă și rotor, se poate ajunge la relația :

$$\eta_i = \eta_h \cdot \eta_{vol.} \tag{11}$$

Luînd în considerare pierderile arătate și explicitîndu-le în funcție de parametrii ventilatorului, respectiv cifrele sale caracteristice, și de coeficientul ξ ales, s-a reușit explicitarea acestor parametri în funcție de raportul d_1/d_2 în relațiile :

$$\eta_h = \frac{1}{1 + \frac{\Sigma \Delta pr}{\Delta p}}, \tag{12}$$

unde :

$$\frac{\Sigma \Delta pr}{\Delta p} = \frac{(\xi_1 + \xi_2)\,\xi^2 \varphi^2}{\psi} \cdot \frac{1}{(1-\nu^2)^2 \left(\frac{t_1 - \sigma_1}{t_1}\right)^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4} +$$

$$+ \frac{\xi_2 \psi}{4\eta_h} + 0{,}07,$$

în care $\Sigma \Delta pr$ este suma tuturor pierderilor în rotor, iar Δp presiunea totală creată în rotor, şi

$$\eta_{vol.} = \frac{1}{1+\frac{V'}{V}}, \tag{13}$$

unde :

$$\frac{V'_i}{V} = 2{,}29\,\frac{\delta_i}{\varphi d_2} \cdot \frac{d_1}{d_2}. \tag{14}$$

În felul acesta, prin trasarea curbelor η_h, $\eta_{vol.}$ şi $\eta_h \eta_{vol.} = \eta_i$ în funcţie de d_1/d_2, s-a obţinut un punct de maxim pentru η_i, care asigură o valoare optimă a acestui raport.

În figura 8 s-au trasat aceste curbe pentru cazul ventilatorului TAGHI, tip T4 – 70. Ele au verificat rezultatele obţinute la acest ventilator prin măsurători.

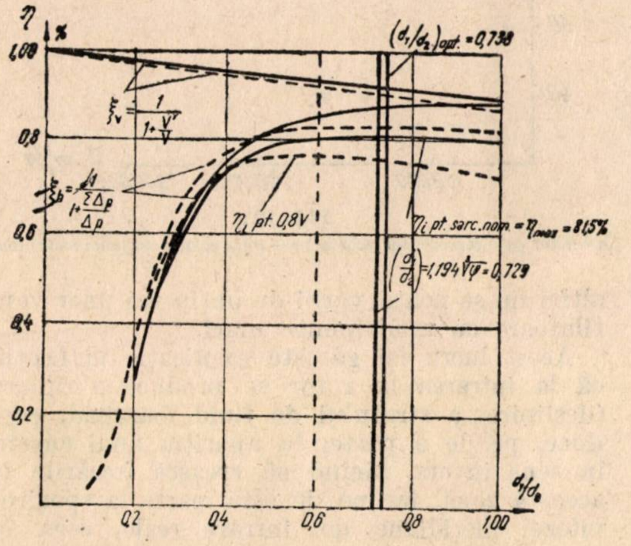


Fig. 8. Determinarea valorii optime pentru $\frac{d_1}{d_2}$ la ventilatorul TAGHI tip T4–70 ($\xi = 0{,}565$).

Se poate afirma deci că actualmente, prin folosirea relaţiilor (12) şi (13), se poate obţine prin eforturi de calcul relativ reduse o valoare optimă a raportului d_1/d_2, ceea ce duce la o clarificare a acestei probleme.

În plus, prezenţa coeficientului ξ în aceste relaţii mai oferă avantajul că aruncă o lumină nouă asupra modului în care trebuie ales acest coeficient, clarificînd în oarecare măsură problema lui.

Prin determinarea lui $\eta_{i_{max}}$ corespunzător debitului nominal al unui ventilator nou, proiectat pe baza relaţiilor de calcul de mai sus, se poate determina pentru diferite valori alese ale lui ξ o curbă $\xi - \eta_i$, care ne poate ajuta la stabilirea unui ξ optim la ventilatorul cerut. O astfel de diagramă este trasată în figura 9 pentru acelaşi ventilator.

De asemenea este interesant de arătat că în unele cazuri se cere realizarea unor randamente ridicate la funcţionarea ventilatoarelor la o sarcină diferită de cea nominală. În figura 8 este trasată curba η_i pentru $V_s = 0{,}8$ V al aceluiaşi ventilator. Această curbă a fost trasată ţinîndu-se seamă şi de apariţia pierderilor prin şoc la schimbarea sarcinii. Rezultă că valoarea lui $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)_{opt.}$ se deplasează uşor spre stînga. Aceasta înseamnă că se poate alege o valoare $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)_{opt.}$ intermediară între cea pentru sarcina nominală şi o fracţiune oarecare din sarcină, impusă de condiţiile de exploatare, care vor satisface ambele cerinţe de randament ridicat. Acest lucru se vede cu uşurinţă în diagramele din figura 8.

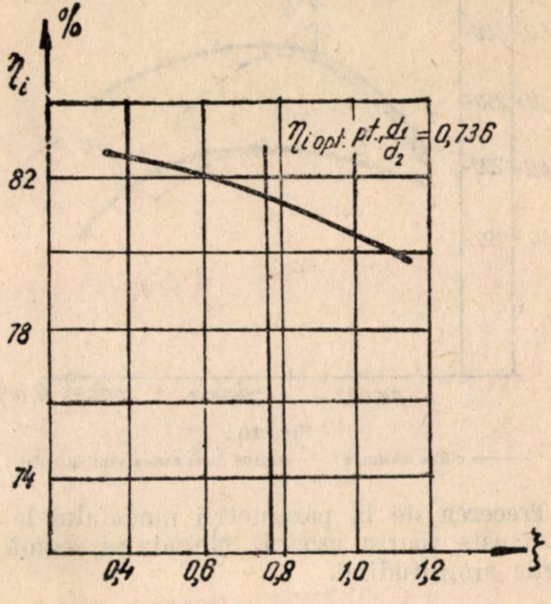


Fig. 9. Variaţia η_i în funcţie de ξ.

2. Rezultatele încercărilor pe modele obţinute în laborator şi conturarea soluţiilor constructive optime

a) *Problema similitudinii*

Pentru studiul soluţiei optime a unui ventilator, modul de lucru cel mai sigur, comod şi ieftin este experimentarea pe modele.

Această experimentare constă în reducerea la o scară convenabilă a dimensiunilor ventilatorului respectiv şi măsurarea parametrilor acestui ventilator pe bancul de probă. Metoda asigură şi avantajul posibilităţii garantării condiţiilor minime necesare pentru realizarea unor măsurători corecte.

Metoda de lucru pe modele folosită în cadrul lucrărilor efectuate s-a dovedit deosebit de corectă. În figura 10 sînt trasate curbele caracteristice ale ventilatorului de gaze montat la centrala Ovidiu, determinate prin măsurători pe model şi comparate cu cele din cartea maşinii respective. Se vede o suprapunere a curbelor aproape perfectă.

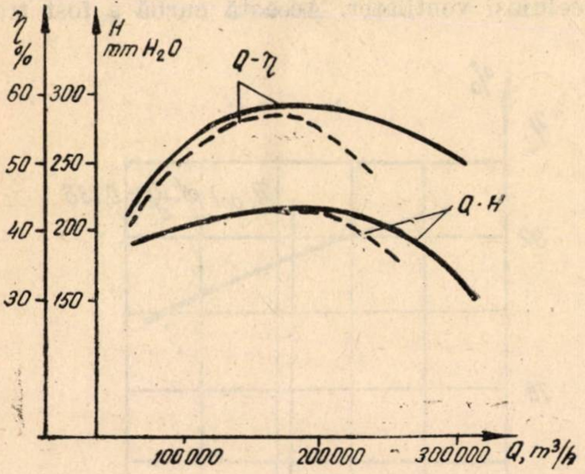


Fig. 10:

——— curbe măsurate ; – – – curbe după cartea ventilatorului.

Trecerea de la parametrii modelului la cei reali este foarte uşoară, ţinîndu-se seamă de legile similitudinii.

b) *Intrarea în rotor*

Soluţiile actuale alese pentru construcţia ventilatoarelor de mare putere subordonează toate cerinţele realizării unor randamente foarte ridicate. S-a arătat mai sus care sînt, din punct de vedere dimensional, factorii hotărîtori de obţinere a unor randamente ridicate.

Dar practica şi în special rezultatele încercărilor de laborator au arătat că şi alegerea soluţiilor constructive este de o importanţă hotărîtoare.

În figura 11 sînt arătate cele două soluţii constructive examinate de autori. Soluţia *a* este deosebit de dificil de realizat, datorită zonei torice de rază *r*. Totuşi, experimentările au arătat că această soluţie este de neînlăturat. Soluţia *b*, cu un disc conic drept, duce la randamente cu 12 — 15 % mai scăzute, ceea ce pentru ventilatoare de mare putere este foarte mult.

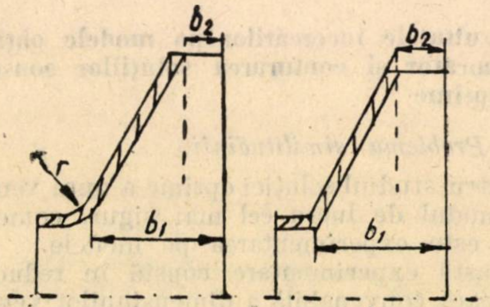


Fig. 11.

În figura 12 sînt arătate curbele caracteristice $Q - \eta$, rezultate pentru cele două variante. Măsurătorile au fost făcute pentru ventilatorul de gaze de ardere nou proiectat pentru centrala termoelectrică Ovidiu.

Rezultă deci că trebuie neapărat realizată această curbură, chiar cu preţul unor eforturi foarte mari din partea constructorului, deoarece altfel nu se poate vorbi de obţinerea unor ventilatoare cu randamente mari.

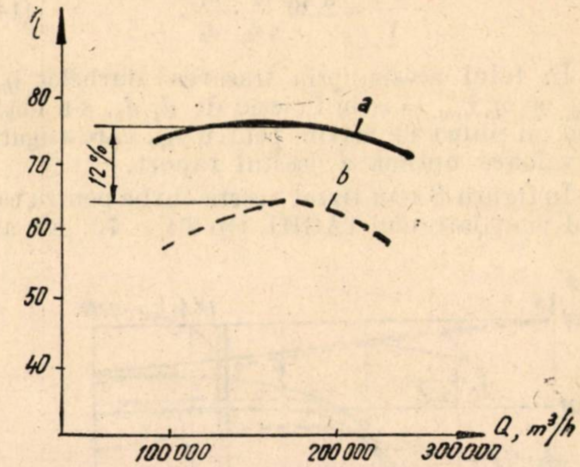


Fig. 12:

a – rotor cu disc acoperitor racordat ; *b* – rotor cu disc acoperitor conic drept.

Acest lucru îşi găseşte explicaţia în faptul că la intrarea în rotor se produce o rupere (deslipire) a stratului de fluid marginal, care duce, pe de o parte, la apariţia unui curent în sens invers, făcînd să crească frecările în această zonă, iar pe de altă parte la sporirea vitezei meridiane de intrare reale, ceea ce produce o creştere suplimentară a pierderilor prin frecare. În figura 13 este prezentat acest fenomen, care, evident, datorită îngustării lăţimii active b_1, duce la $c_{1mb} > c_{1ma}$ şi deci la pierderi mai mari la intrare (proporţionale cu pătratul acestei viteze).

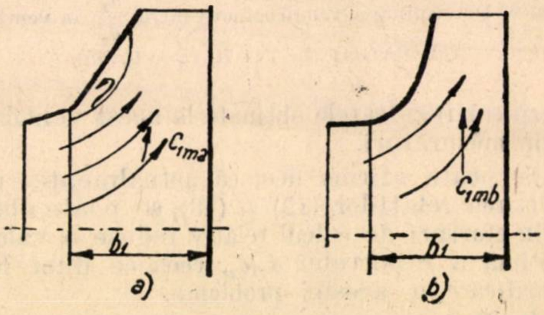


Fig. 13.

c) *Interstiţiul*

Prin interstiţiu se înţelege în general spaţiul care rămîne între rotor şi pîlnia de aspiraţie a aerului în ventilator.

S-a arătat mai sus că raportul $\frac{V'}{V}$ dintre volumul de aer care se întoarce prin interstițiu, datorită diferenței de presiune existente în carcasă față de pîlnia de aspirație, și cel vehiculat prin rotor, este direct proporțional cu lățimea δ_i a interstițiului.

Așadar este necesară realizarea unui interstițiu cît mai mic cu putință și pe cît se poate în așa fel construit, încît să asigure o șicanare cît mai mare a aerului care ar tinde să curgă prin el.

În figura 14 sînt prezentate diferite forme constructive utilizate de autori. Forma *a* este cea mai des utilizată astăzi din motive constructive, dar este și cea mai dezavantajoasă. Formele *b* și *c* sînt mai bune, asigurînd o creștere a randamentului volumetric, dar cu eforturi de execuție sporite.

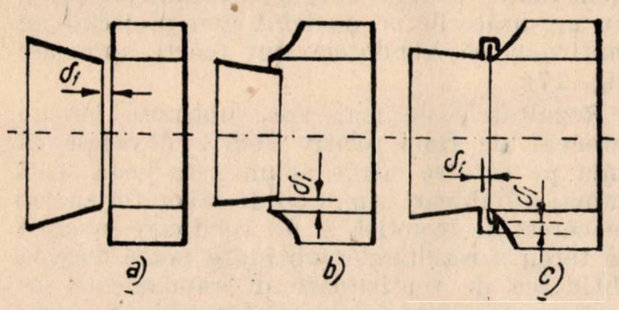


Fig. 14.

Este de menționat aici contradicția care există între concluzia privind influența raportului d_1/d_2 asupra valorii interstițiului δ_i după relația (14), verificată prin încercările de laborator, și concluzia la care ajunge Eck. Conform relației (14), influența interstițiului δ_i crește cu creșterea raportului d_1/d_2, pe cînd după Eck această influență scade în aceleași condiții. Problema merită să fie cercetată în continuare.

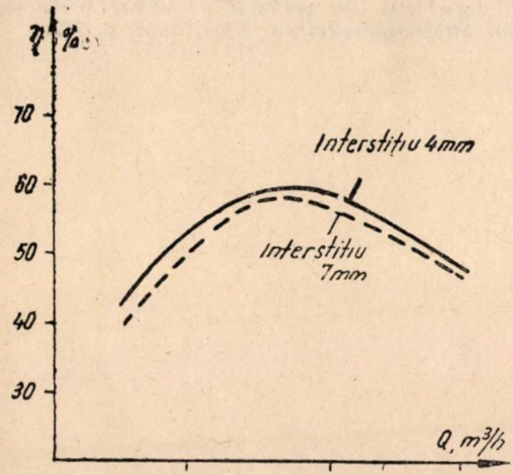


Fig. 15.

În figura 15 sînt reprezentate curbele de randament pentru același ventilator măsurat pentru două interstiții diferite. Se vede aici că deși ventilatorul are un d_1/d_2 mare — 0,85 —, influența interstițiului este sensibilă, confirmînd rezultatele noastre. Măsurătorile au fost făcute pe modelul ventilatorului de gaze actual (sistem Sirocco) de la centrala termoelectrică Ovidiu.

Concluzii

Această lucrare nu este decît rezultatul unei activități de cercetare dusă pe o perioadă scurtă (mai 1963 — ianuarie 1964) și nu epuizează problemele puse constructorilor de ventilatoare.

După cum s-a putut vedea, principiul de bază al acestor cercetări a constat în îmbinarea studiilor teoretice ale hidrodinamicii ventilatoarelor de mare putere cu analiza rezultatelor obținute în laborator pe baza aplicării concluziilor teoretice obținute în prealabil.

Se pot însă de pe acum trage concluzii care permit obținerea unor ventilatoare superioare.

a) Folosirea unor palete îndoite înapoi poate aduce pentru aceiași parametri ai ventilatorului un cîștig de randament de 20 — 25% față de soluția cu palete îndoite înainte, ceea ce este foarte important. Acest cîștig de randament este ilustrat în figura 16, unde este reprezentată curba caracteristică debit-randament obținută în laborator pentru ventilatorul de gaze de ardere nou proiectat la centrala termoelectrică Ovidiu II, în comparație cu curba caracteristică a ventilatorului existent. Rezultatul nu mai necesită comentarii, mai cu seamă că ambele ventilatoare au fost măsurate în aceleași condiții și că pentru ventilatoarele vechi s-a căzut peste aceeași curbă caracteristică, ca cea garantată prin cartea mașinii, ceea ce prezintă o garanție în plus în privința preciziei măsurătorilor. Este de menționat aici că măsurătorile au fost efectuate printr-o metodă termică de determinare a randamentului.

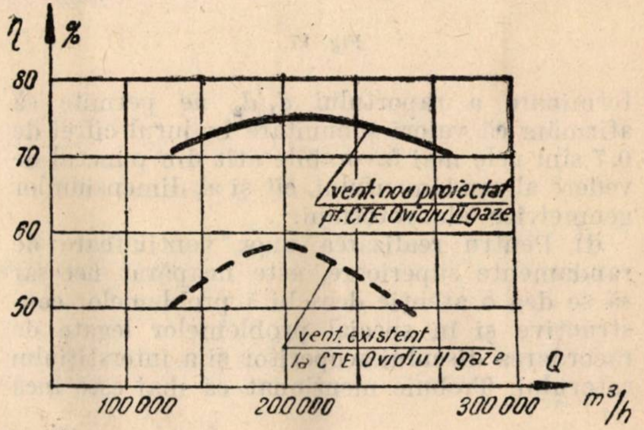


Fig. 16.

b) Valoarea raportului d_1/d_2, care pînă acum era aleasă pe baze empirice, poate fi astăzi determinată pe baze strict matematice, ceea ce aduce o nouă precizare în calculul ventilatorului şi asigură obţinerea de rezultate superioare. Acest fapt este confirmat şi de rezultatele obţinute de autori cu ventilatoarele noi (proiectate pentru centralele Ovidiu II şi Paroşeni, ai căror parametri au fost măsuraţi pe modele în laboratorul IRME) şi explicitat în figura 16.

c) În privinţa valorii coeficientului ξ de accelerare, rezultatele de pînă acum nu sînt încă concludente. Totuşi noua metodă de determinare a raportului d_1/d_2 ne permite să afirmăm că valori subunitare în jurul cifrei de 0,7 sînt cele mai favorabile atît din punctul de vedere al randamentului, cît şi al dimensiunilor geometrice ale rotorului.

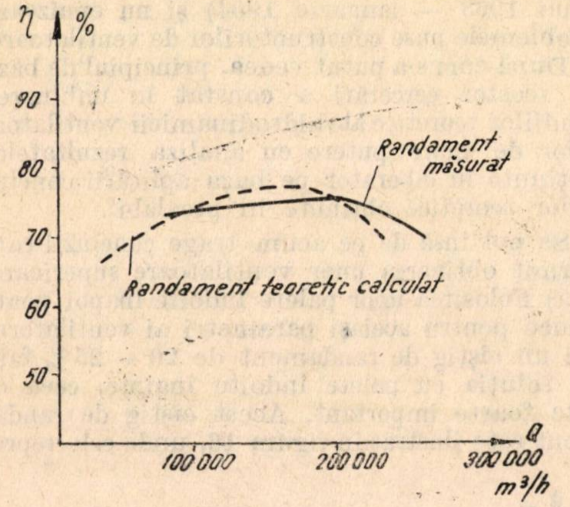


Fig. 17.

d) Pentru realizarea unor ventilatoare de randamente superioare, este neapărat necesar să se dea o atenţie deosebită problemelor constructive şi în special problemelor legate de racordarea discului acoperitor şi a interstiţiului rotorului. Trebuie menţionat că mai este încă mult de făcut, fiind necesară o analiză ştiinţifică teoretică cît şi experimentală a altor elemente constructive de ventilator, cum ar fi : forma paletelor (de grosime constantă sau profilate), geometria carcasei, geometria pîlniei de aspiraţie etc.

e) Rezultatele obţinute pînă acum în calculul ventilatoarelor au permis realizarea unor construcţii ale căror performanţe coincid, cu o uimitoare precizie, cu cele prevăzute în calcul. Se va mai cita aici încă un exemplu în această privinţă. Prin extinderea relaţiilor (12) şi (13) la parametri diferiţi de cei nominali, s-a reuşit ridicarea curbei caracteristice randament-debit teoretic a ventilatorului proiectat, iar măsurătorile pe modelul nou proiectat au confirmat că rezultatele sînt foarte apropiate (fig. 17).

Rezultatele de mai sus, obţinute într-un interval de timp relativ scurt, dovedesc că linia pe care se merge acum este justă şi că numai o îmbinare a muncii de laborator cu cea de cercetare teoretică şi de verificare practică pe teren a rezultatelor obţinute poate duce la obţinerea de ventilatoare de randamente superioare, cu parametri satisfăcători şi de funcţionare sigură.

Bibliografie

[1] **Eck**, B. *Ventilatoren.* Springer Verlag, 1962.

[2] **Kostocikin**, V. N. *Instalatii de tiraj prin aspiraţie şi refulare la centralele termoelectrice — Ventilatoare.* Editura tehnică, 1953.

[3] **Bicekov** A. G., **Loksin**, I. L. şi **Mazmainioţ**, P. O. *Tipuri noi de ventilatoare centrifuge TAGHI* 1959.

[4] **Levin**, I. M., şi **Botkacik**, I. A. *Aspiratoare de fum şi ventilatoare ale centralelor electrice puternice.* Moscova, Gosenergoizdat, 1962.

[5] **Titkin**, V. I. *Ventilatoare şi aspiratoare.* Editura tehnică, 1959.

[6] **Sidorov**, M. D. *Indreptar pentru maşini de suflare de aer şi gaze.* Maşghiz, 1962.

[7] **Muslow**, R. *Radial gebläze mit 89% Wirkungsgradd,* Melind. Textilberichte 33, 1952, p. 665.

[8] **Flugell**, G. *Der optimall erreichbare Wirkungsgradd von Strömungsmaschinen.* VDI, 1954, p. 752.

Lărgirea domeniului de utilizare a podurilor rulante la montajul centralelor termoelectrice

Ing. A. Măcriș

Pînă de curînd, utilizarea podurilor rulante grele la montajul centralelor termoelectrice în țara noastră se rezuma la sala mașinilor. Podul rulant destinat exploatării grupurilor turbogeneratoare se folosește pentru montajul acestor grupuri.

Avantajele tehnico-economice ale folosirii podurilor rulante la montaj au dus la o revizuire a schemelor de mecanizare a montajului centralelor termoelectrice, acordîndu-se o importanță sporită folosirii mai largi a podurilor rulante atît în sălile de mașini cît și în sălile de cazane. De asemenea, s-au elaborat și folosit și diferite scheme de mecanizare, care au permis ridicarea, cu ajutorul podurilor rulante de anumite capacități portante, a unor sarcini ce depășesc cu mult aceste capacități.

Se vor examina aceste situații separat pentru cazul sălii mașinilor și separat pentru cazul sălii cazanelor.

1. Montajul turbogeneratoarelor cu ajutorul podurilor rulante

1.1. Sălile de mașini sînt totdeauna prevăzute cu poduri rulante destinate exploatării echipamentului. Aceste poduri rulante se folosesc în primul rînd la montajul acestui echipament. După punerea în funcțiune a primului grup, folosirea podului rulant prezintă unele strangulări, fiind necesar în unele perioade atît montajului cît și exploatării.

Montarea agregatelor pînă la 50 MW, dispuse longitudinal în sala mașinilor (deschideri pînă la 24 m), se face în general cu poduri rulante, astfel alese încît să asigure și ridicarea statorului generatorului (piesa cea mai grea). În tabela 1 se dau indicații pentru alegerea capacităților portante ale podurilor rulante pentru agregate pînă la 50 MW.

Tabela 1

Capacitatea portantă a podurilor rulante pentru turboagregate pînă la 50 MW

Puterea turbogeneratorului, MW	Piesa cea mai grea a turbinei, t	Greutatea statorului, t	Capacitatea portantă a podului rulant, tf
4	10	9	20
6	15	16	20
12	17	25	30
25	32	48	50
50	55	80	75

La montarea agregatelor de 100 MW și mai mari, dispuse longitudinal, dar în special a celor dispuse transversal (deschideri pînă la 40–45 m), alegerea numărului și capacității portante a podurilor rulante se face pe baza unor calcule tehnico-economice. În asemenea situații există o diferență mare între greutatea statorului generatorului și greutatea piesei celei mai grele care se manipulează în perioada exploatării (capacul cilindrului de joasă presiune al turbinei), și dotarea centralei cu un pod rulant, care să acopere greutatea statorului generatorului, este o soluție scumpă și care atrage și dimensionarea exagerată a scheletului de rezistență al sălii mașinilor.

Alegerea din considerente tehnico-economice a numărului și capacității portante a podurilor rulante la montarea agregatelor de 100 MW și mai mari se face astfel:

— La montarea a unul pînă la trei agregate de putere mare se alege un singur pod rulant, atît pentru montaj cît și pentru exploatare. Capacitatea portantă se alege astfel încît să poată ridica partea inferioară a cilindrului de joasă presiune al turbinei. Capacitatea portantă astfel aleasă nu permite ridicarea statorului generatorului, care trebuie ridicat cu alte mijloace (dispozitiv de ridicare cu palane, dispozitiv hidraulic, tachelaje etc.). Astfel, la montajul unui grup de 150 MW pe un șantier al Trustului de construcții și montaje energetice din Ministerul Minelor și Energiei Electrice (TCME), s-a ales un pod de 75/20 tf, care asigură ridicarea piesei celei mai grele a turbinei (partea inferioară a cilindrului de joasă presiune 73 t), iar ridicarea statorului generatorului (în greutate de 150 t) s-a executat cu un dispozitiv special (fig. 1).

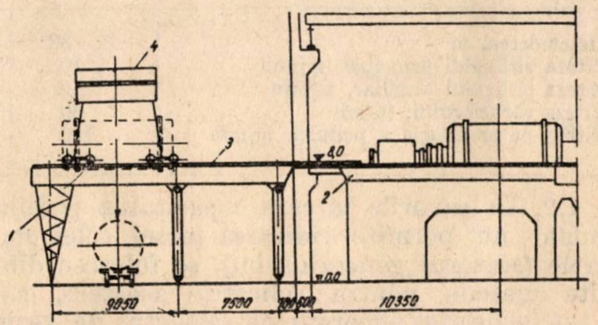


Fig. 1.

— La montarea a minimum patru agregate se aleg două poduri rulante, care, conjugate, acoperă integral atît nevoile montajului cît și nevoile exploatării.

— În ambele situații, cînd se montează două sau mai multe agregate concomitent sau în flux continuu, apare necesitatea montării unui pod rulant suplimentar de montaj. Necesitatea acestuia nu este justificată numai de posibilitatea ridicării statoarelor generatoarelor, ci și de considerații tehnologice de montaj, care necesită mecanisme de ridicat independent de necesitățile exploatării.

Astfel, pe un șantier al TCME, la montajul unei centrale termoelectrice cu cinci grupuri, în afara podului rulant de 63/8 tf, cu care este dotată centrala, s-a folosit și un pod rulant de montaj de 30/5 tf, 33,2 m deschidere, fabricat la UCM Bocșa. Acest pod rulant a fost folosit ca al doilea mecanism de ridicare la montajul unei alte centrale, echipată cu numai trei grupuri turbogeneratoare, dar care se montau concomitent, în flux continuu.

Alegerea numărului și a capacităților portante la montajul grupurilor turbogeneratoare peste 100 MW se poate face conform tabelei 2 [1].

Tabela 2

Puterea turbogeneratorului, MW	Numărul și capacitatea portantă a podurilor rulante, buc. × tf	
	la montarea a 1 – 3 agregate	la montarea a 4 sau mai multe agregate
100	1×75 sau 1×100	2×75
150	1× 75	2×75
200	1×125	2×75 sau 2×125

Toate podurile rulante destinate sălilor de mașini trebuie să aibă în mod obligatoriu un cîrlig suplimentar și cărucioarele circulînd pe tălpile superioare ale podului (STAS 4660 –54).

Nomenclatorul și caracteristicile podurilor rulante grele fabricate în țară sînt indicate în tabela 3 (după STAS 800 –56).

Tabela 3

Capacitatea portantă a podului, tf	15/5	20/5	30/5	50/10	80/10	10
Deschiderea, m	11–32	10,5—31,5	10,5—31,5	10,5—31,5	10—31	11—32
Viteza cîrligului principal, m/min	10	10	10	6	3	16
Viteza cîrligului auxiliar, m/min	16	16	16	16	10	—
Viteza căruciorului, m/min	30	30	30	30	20	40
Viteza de translație a podului, m/min	120	100	100	80	65	120

1.2. În cazurile în care capacitatea podului rulant nu permite ridicarea piesei celei mai grele (statorul generatorului), se folosesc diferite metode pentru ridicarea acesteia, ca:

— tachelaje ancorate de scheletul de rezistență al clădirii;

— dispozitiv constînd dintr-un eșafodaj metalic, prevăzut la partea superioară cu 8 –10 palane de capacitate portantă corespunzătoare;

— dispozitiv hidraulic de 100 –200 –300 tf.

În asemenea situații se pot folosi și podurile rulante de capacități portante mai mici în diferite scheme.

Se dau cîteva exemple:

Exemplul 1. În figura 1 se arată dispozitivul special, folosit pentru prima oară pe șantierele TCME, pentru montarea fără pod rulant a statorului unui grup turbogenerator de 100 MW, cîntărind 140 t.

Suprafața superioară a eșafodajului metalic al dispozitivului este la aceeași cotă cu suprafața platformei insulare a turbogeneratorului. Pe eșafodaj se montează căile de rulare *3*, care se prelungesc și pe fundația turbogeneratorului. Pe aceste căi se montează un portal metalic mobil, *4*, înzestrat cu palane și trolii electrice pentru 2×105 tf.

Dispozitivul se așază în axul fundației turbogeneratorului, în exteriorul clădirii. Peretele acesteia prezintă în dreptul dispozitivului un gol de montaj. După instalarea eșafodajului metalic se fixează căile de rulare și se ridică portalul mobil cu ajutorul unei macarale pe șenile. Statorul generatorului se aduce pe calea ferată sub dispozitiv. Cu ajutorul acestuia se ridică statorul, se rotește cu 90° și se transportă cu portalul mobil pe fundația turbogeneratorului.

Exemplul 2. Ridicarea unui stator de generator în greutate de 170 t, cu un pod rulant de 100 tf [2], s-a executat conform schiței din figura 2. Metoda constă în instalarea unui pop din construcție metalică între fundația turbogeneratorului și talpa grinzii principale a podului rulant. Se micșorează astfel deschiderea acestei grinzi. S-a stabilit prin calcul că încărcarea podului rulant, la noua deschidere, cu greutăți suplimentare (cărucior suplimentar cu două trolii electrice de 5 tf, două traverse și accesoriile lor), nu provoacă în elementele podului rezistențe cu valori care ar depăși pe cele admisibile.

Pentru a nu se suprasolicita elementele de ridicare (cîrlig, cărucior, trolii), s-a confecționat și s-a montat un cărucior suplimentar pentru 70 tf, pe care s-au instalat două trolii electrice de cîte 5 tf.

Sarcina de 175 t se repartizează astfel: cîrligul principal 108 t, pe cele două cîrlige suplimentare 67 t (cîte 33,5 t pe fiecare). Pentru aceasta s-a folosit o traversă cu brațe inegale pentru 175 tf și o traversă cu brațe egale pentru 70 tf. Pentru a se menține constantă distribuția sarcinilor pe cele trei cîrlige, în timpul ridicării, se opreau, la anumite perioade, troliile care deplasau traversele cu o viteză mai mare decît cea necesară, menținîndu-se în permanență poziția orizontală a traverselor.

Statorul generatorului a fost adus alături de fundație exact în dreptul axei sale, astfel încît s-a suprimat necesitatea mișcării podului, mișcîndu-se numai cărucioarele pe pod.

Făcîndu-se măsurătorile necesare ale săgeții podului în poziția ,,stator săltat de la sol'', s-a ajuns la valori sub limita admisibilă, iar după îndepărtarea sarcinilor nu s-au detectat deformații permanente. Cu efectuarea calculelor necesare se poate merge și la deplasarea podului încărcat cu 175 t, dacă axul greutății nu este mai departe de 5 —6 m de axul coloanelor proxime.

Exemplul 3. În cazul în care diferența dintre greutatea piesei celei mai grele (statorul) și capacitatea portantă a cîrligului mare este aproximativ egală cu capacitatea portantă a cîrligului mic, ridicarea se face după schema din figura 3, folosindu-se ca cîrlig suplimentar cîrligul mic al podului rulant.

Ridicarea se realizează cu ajutorul unei traverse cu brațe inegale. Deplasarea podului se face cu căruciorul adus la extremitatea podului. Cînd podul ajunge în axul de montaj al generatorului, se sprijină cu un pop metalic așezat pe fundația turbogeneratorului, apoi se deplasează căruciorul pînă în dreptul locului de montaj.

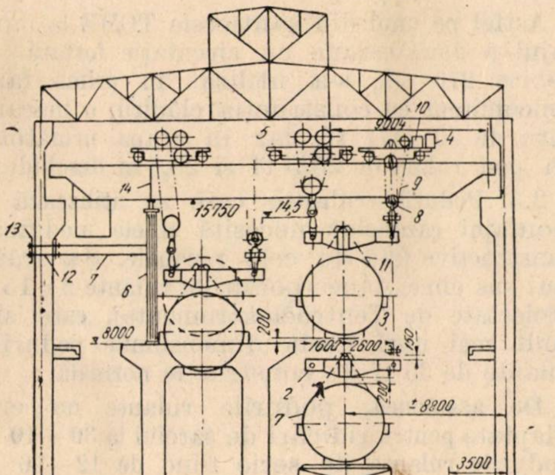


Fig. 2:

1 — statorul; 2 – traversă cu brațe inegale (175 t); 3 – traversă cu brațe egale (70 t); 4 – cărucior suplimentar; 5 – căruciorul podului; 6 — pop; 7 – ranforsare; 8 — scripeți; 9 — cabluri ∅ 21,5 mm; 10 — trolii electrice; 11 — cablul de fixare ∅ 33,5 mm; 12 — buloane (∅ 24 mm, 1 300 mm); 13 – profil U; 14 – placă de rigidizare suplimentară.

Astfel, montajul statorului unui grup de 100 MW, cîntărind 92 t, a fost realizat cu această metodă, cu un pod rulant de 75/15 tf (fig. 3) [3]. Dezavantajul metodei, constînd în vitezele de ridicare inegale ale celor două cîrlige, se poate îndepărta printr-o supraveghere atentă în timpul ridicării, în scopul menținerii orizontalității traversei.

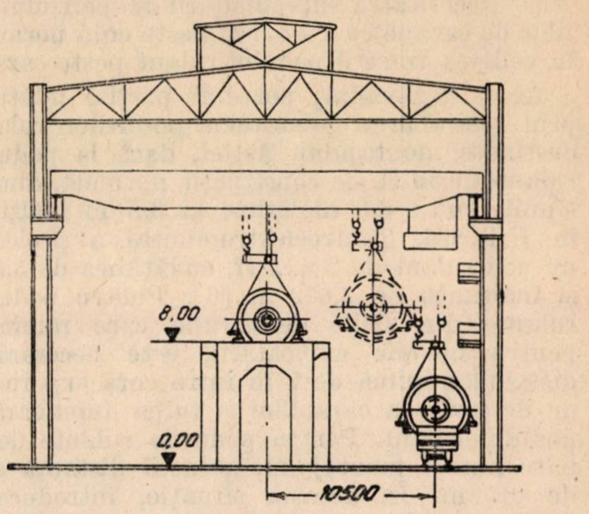


Fig. 3.

În proiectele de organizări de șantiere ale TCME, se preconizează, în unele cazuri, o asemenea schemă de mecanizare.

Exemplul 4. În cazul montajului unor agregate de puteri mai mici, de exemplu al unui grup turbogenerator de 6 MW, fabricat la C.M. Reșița, la care greutatea statorului generatorului este de 12,5 t, iar capacitatea portantă a podului rulant cu care se dotează centrala de 10 tf, se folosește metoda ridicării succesive a fiecărui capăt al statorului cu cîte 200 mm și introducerea unei traverse de cale ferată, constituindu-se din acestea, prin metoda adaosurilor succesive, un eșafodaj alături de fundația turbogeneratorului. Ajuns la cota fundației, statorul se translatează, pe profile, cu ajutorul troliilor electrice.

2. Montajul cazanelor cu ajutorul podurilor rulante

2.1. În ultimii ani metoda montajului cazanelor cu ajutorul podurilor rulante a căpătat o extindere tot mai mare.

Folosind metoda alegerii mecanismelor de montaj pe baza calculelor tehnico-economice [4], se ajunge la concluzia că costul specific al mecanizării montajului unui cazan cu ajutorul podului rulant este cu circa 25% mai mic față de alte scheme de mecanizare. De asemenea scade consumul specific de manoperă cu 15% [5] și se micșorează durata de execuție a lucrării. Podurile rulante se caracterizează printr-o manevrabilitate foarte mare. Alte avantaje ale podurilor rulante sînt: rapiditatea montării și ridicării sarcinilor, posibilitatea manevrării sarcinilor din și în orice punct al sălii cazanelor, posibilitatea deservirii continue a mai multor agregate.

Dezavantajele pe care le prezintă schema de mecanizare cu ajutorul podurilor rulante sînt :

— Necesitatea supraînălțării acoperișului sălilor de cazane cu 1 —1,5 m peste cota normală, în vederea trecerii podului rulant peste cazane.

Acest dezavantaj poate fi parțial înlăturat prin schimbarea gabaritelor podurilor rulante destinate montajului. Astfel, dacă la podurile rulante de 30 tf, de construcție normală, dimensiunile sînt : 6,6 m lățime și 3,5 m înălțime, în U.R.S.S. Țentroelektromontaj a proiectat un pod rulant de 2×15 tf, cu lățimea de 5,5 m și înălțimea de 2,612 m [6]. Pentru podurile rulante din sălile de cazane care rămîn și pentru nevoile exploatării, este necesară o distanță minimă de 2 m între cota superioară de deservire a cazanului și talpa inferioară a podului rulant. Pentru podurile rulante destinate numai montajului, această distanță este de 0,7 m. În această situație, introducerea unui pod rulant special pentru montajul cazanelor conduce la o supraînălțare a clădirii cu maximum 1 m, ceea ce duce la ridicarea costului construcției sălii cazanelor cu 0,5 —0,8 % [1]. Aceste costuri în plus se compensează larg prin economiile realizate la montajul cazanelor.

— Necesitatea construirii căilor de rulare și a dimensionării scheletului de rezistență al sălii cazanelor pentru sarcinile podului rulant.

Practica din U.R.S.S. a arătat că aceste sarcini duc la o supradimensionare a clădirii cu 5 —7% și nu au o influență prea mare asupra alegerii secțiunii stîlpilor principali ai clădirii [1].

— Imposibilitatea începerii montajului cazanului înainte de terminarea construcției sălii cazanelor.

— Incomoditatea montajului cazanelor aflate lîngă peretele frontal și provizoriu. Această incomoditate se înlătură prin folosirea unor mecanisme suplimentare (macara-consolă, macara rotitoare pe cazan etc.).

2.2. Practica introducerii podurilor rulante la montajul cazanelor a condus la următoarea schemă :

— la montajul a unul pînă la trei cazane, cu debite pînă la 230 t/h, se utilizează un pod rulant de 30 tf. După demontarea podului rulant de montaj pentru exploatare, se poate monta un pod rulant de 10 tf pe aceleași căi de rulare ;

— la montajul a patru și mai multe cazane, cu debite pînă la 230 t/h, se utilizează două poduri rulante de 30 tf. După terminarea montajului, unul dintre poduri se demontează ;

— la montajul cazanelor avînd debitul peste 420 t/h, se utilizează două poduri rulante de 50 tf fiecare.

Numărul și capacitatea portantă a podurilor rulante utilizate pentru montajul cazanelor cu circulație naturală sînt funcție de greutatea tamburului, care rămîne piesa cea mai grea, chiar în metoda de montaj în blocuri mari. Pentru montarea tamburului unui cazan de debit 230 t/h, sînt necesare două poduri rulante de 30 tf, sau un pod rulant de 50 tf. Pentru montarea cazanului de 420 t/h, sînt necesare două poduri rulante de 50 tf [7].

La cazanele cu circulație forțată, blocurile sînt spațiale și de dimensiuni și greutăți mari. Pentru cazanele de debite pînă la 300 t/h se utilizează două poduri rulante de 30 tf, iar pentru cazane de debite mai mari — două poduri rulante de 50 tf.

În practica TCME nu s-au folosit pînă în prezent poduri rulante la montajul cazanelor.

Cînd unele considerente locale impun montajul concomitent cu construcția sălii cazanelor, schema de mecanizare se bazează pe o macara-turn, care montează majoritatea blocurilor cazanului, apoi la retragerea macaralei-turn la cazanele următoare, se instalează un pod rulant de 10 — 20 tf pentru montarea blocurilor și pieselor mai ușoare și finisarea cazanului (în momentul retragerii macaralei-turn construcția clădirii permite montarea podului rulant).

Astfel pe unul din șantierele TCME la montajul a două cazane cu circulație forțată, de debite 270 t/h, s-a utilizat în prima fază, concomitent cu construcția clădirii, o macara-turn de 40 (47) tf, iar în etapa următoare un pod rulant de 20/5 tf și 28,5 m deschidere.

2.3. Podurile rulante care se utilizează la montajul cazanelor necesită unele modificări constructive față de cele normale. S-a arătat mai sus dimensiunea podurilor rulante 2×15 tf proiectate de Țentroelektromontaj, care sînt mult mai mari decît dimensiunile podurilor rulante de 30 tf de construcție normală.

De asemenea, podurile rulante nu erau adaptate pentru ridicări de sarcini la 30 —40 m, podurile rulante de serie fiind de 12 —16 m.

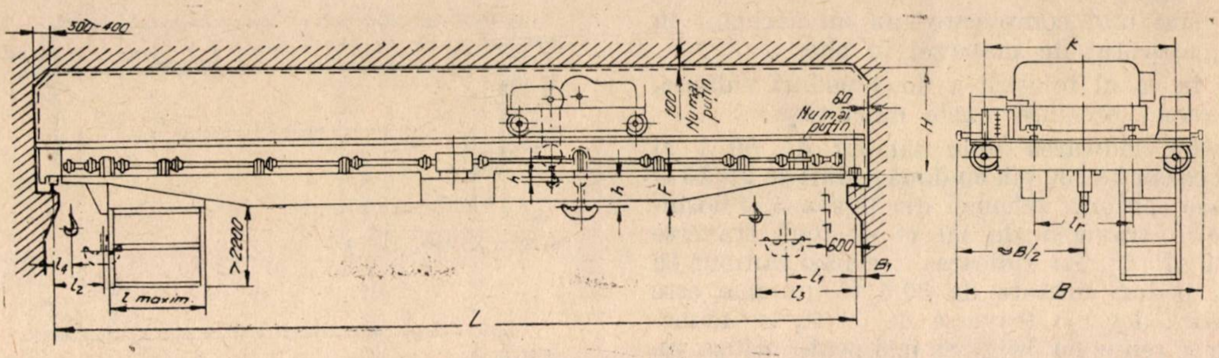
Ulterior, în U.R.S.S., fabrica Kirov a început construcția podurilor rulante pentru montajul cazanelor (fig. 4).

Vitezele de ridicare și de deplasare la podurile rulante de serie de asemenea nu erau satisfăcătoare.

Ulterior, și aceste caracteristici au fost ridicate la performanțe mai mari, indicate în tabela 4 [7].

Astfel, podurile rulante ale fabricii „Podemnik'' au viteze de ridicare la cîrligul principal de 10 m/min, iar deplasarea podului rulant de 100 m/min.

Cu un asemenea pod rulant montajul unui cazan de 230 t/h se face în 70 – 80 zile, consumul de manoperă fiind cu 25 – 30% mai mic (14 000 om · ore) decît la folosirea altor utilaje [7].



Caracteristici tehnice

	L m	Înălțimea de ridicare, m		B mm	K mm	H mm	B_1 mm	Ecartament cărucior, mm	h mm	h_1 mm	l_1 mm	l_2 mm	l_3 mm	l_4 mm
		cîrlig pr.	cîrlig aux.											
Pod rulant 30/5 tf	25,5	40	42	6 850	5 100	2 750	300	3 250	400	−300	1 590	2 160	2 815	935
Pod rulant 50/10 tf	27,5 37,5	41 20	43 22	6 650	5 250	3 150	300	2 500	650	−300	1 800	2 360	2 960	1 200

Fig. 4.

În prima perioadă a utilizării podurilor rulante la montajul cazanelor, s-a stabilit ca pod rulant tip podul de 30 tf. Ulterior s-a trecut și la poduri rulante de 50 tf.

Podurile rulante destinate montajului cazanelor se construiesc cu un cărucior sau cu două cărucioare. Podurile rulante cu un cărucior au în mod obligatoriu și cîrlig auxiliar. Cele cu două cărucioare pot fi cu sau fără cîrlig auxiliar. Notarea acestor poduri rulante și proiectele tehnologice se fac astfel : 30/5 tf, 25×15 tf, 2×25/5 tf etc.

Tabela 4

Caracteristici	Kirov 30/5 tf	Podemnik, 20/5 tf	TEM, GOST 60/10 t				
			2×15 tf	50/10 tf	2×25/5 tf	regim ușor	regim mediu
Viteza de ridicare a cîrligului, m/min	2,1	11,5	5,0	2,62	4,5	1,6	4,0
Viteza de ridicare a cîrligului mic, m/min	11,8	21,7	—	11,85	24,0	6,3	12,5
Viteza de deplasare a căruciorului, m/min	21,0	43,6	12,6	20,9	23,2	20	40
Viteza de deplasare a podului, m/min	32,0	101,0	33,0	45,0	44,0	40	63
Puterea motoarelor, kW :							
a) cîrligul principal		30,0	16,0	22,0	22,0		
b) cîrligul secundar		16,0	—	22,0	22,0		
c) cărucior		3,5	2,2	3,5	3,5		
d) podul		22,0	16,0	2×7,5	2×7,5		
— greutatea podului, t		—	35,0	46,8	38,8		
— greutatea căruciorului, t		—	5,0	16,0	11,0		
— greutatea totală, t	55,0	38,0	45,0	62,8	50		

Podurile rulante cu două cărucioare au următoarele avantaje :

— o utilizare mai rațională a podului rulant : la greutăți mari se folosesc ambele cărucioare ; la ridicarea greutăților mai mici se utilizează numai un cărucior ; la ridicarea conteinerelor cu materiale de înzidire se folosesc ambele cărucioare (productivitatea de deservire se dublează) ;

— structura de rezistență a podurilor este mai ușoară decît în cazul podurilor rulante cu un cărucior de aceeași capacitate portantă ;

— prezintă rezervă în cazul defectării căruciorului;

— prezintă probabilități mai bune pentru legarea sarcinilor.

Dezavantajele podurilor rulante cu două cărucioare:

— sînt mai complicate (au un cărucior în plus, aparataj de manevră în plus);

— în cazul folosirii a două poduri rulante, manevrele prezintă unele dificultăți.

Astfel, ridicarea unui tambur de 60 t al unui cazan de 230 t/h cu două poduri de 2 × 15 tf se face conform schemei din figura 5, folosindu-se o traversă de 60 tf și două traverse de 30 tf [6]. La ridicarea aceluiași tambur cu două poduri rulante de 30/5 tf, nu mai este necesară decît o traversă de 60 tf, iar manevrele se reduc cu 50%. Se mai poate utiliza un singur pod rulant de 50/10 tf, folosind cîrligul auxiliar, conform metodei expuse la turbine (exemplul 3).

Podurile rulante de fabricație romînească, utilizabile la montajul cazanelor, pot fi cu cărucioare cu un cîrlig (în acest caz se prevăd două cărucioare) și cu cărucioare cu două cîrlige (tabela 3). Vitezele standardizate asigură folosirea acestor poduri în condiții bune pentru montajul cazanelor. De asemenea, dimensiunile standardizate satisfac condițiile enunțate mai sus (fig. 6).

3.4. Piesa cea mai grea la montajul cazanelor cu circulație naturală este tamburul cazanului. Ridicarea tamburelor se face prin interiorul cazanului (orizontal, în diagonală, înclinat, mixt) și prin frontul cazanului (fig. 7, *a*). Ridicarea blocurilor din două tambure se face numai prin frontul cazanului, cu două poduri rulante și traverse speciale (fig. 7, *b*) [9]. Legarea unui asemenea bloc se face prin ferestrele tamburului. Pentru a nu se tăia cablul, în timpul ridicării, este necesar ca pe perimetrul ferestrei să se prindă în sudură un fier rotund (fig. 8).

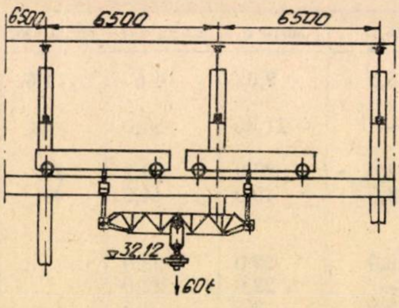
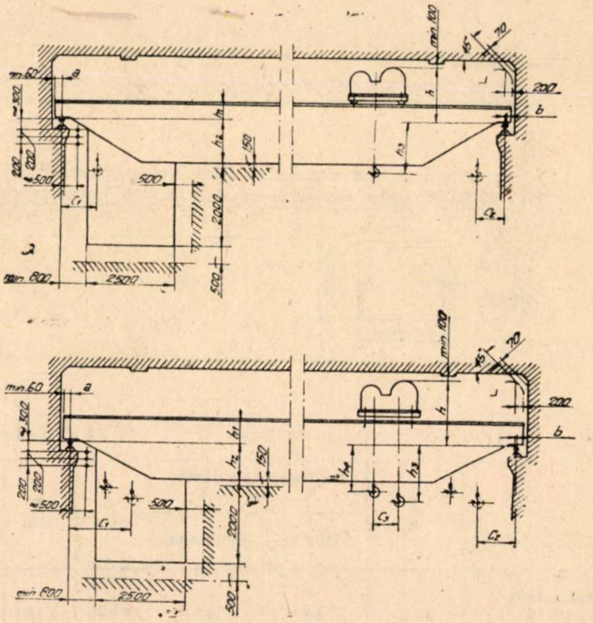


Fig. 5. Schema de ridicare a unui tambur de 60 t cu două poduri rulante a cîte două cărucioare de 15 tf.

În cazurile în care greutatea tamburului depășește cu mult greutatea celorlalte blocuri, capacitatea portantă a podurilor rulante se alege mai mică decît greutatea tamburului, urmînd ca acesta să se ridice cu mijloace de tachelaj suplimentare sau printr-un dispozitiv provizoriu, special adaptat la podul rulant pentru această ridicare, care depășește capacitatea sa portantă.



	Sarcina, t	Deschiderea *L*	h_{max}, mm	h_{1max}, mm	h_{2max}, mm	Lățimea *B*, mm	*a*, mm
Un cărucior cu un cîrlig	15	11 – 23 26 – 32	1 900 1 950	700 750	400 – 1 600 1 850 – 2 450	5 200 5 700	240 240
	20	10,5 – 22,5 25,5 – 31,5	2 050 2 150	750 850	350 – 1 450 1 750 – 2 350	5 500 5 800	250
	30	25,5 – 31,5	2 350	950	1 700 – 2 300	4 500 6 100	260
Un cărucior cu două cîrlige	30/5	16,5 – 31,5	2 350	950	800 – 2 300	6 100	260
	50/10	22,5 – 31,5	2 750	1100	1 250 – 2 150	6 800	280

Fig. 6.

Se dau cîteva exemple:

Exemplul 1 [6]. Pentru ridicarea tamburului cazanului, avînd o greutate de 40 t, cu ajutorul unui pod rulant de 30 tf (fig. 9), se instalează pe pod o grindă, *1*, de care se fixează un palan, *2*. Tamburul se ridică cu ajutorul acestui palan și se distanțează de carcasa cazanului în timpul ridicării cu ajutorul ancorelor, acționate de troliul de 5 t prin intermediul rolelor *3*. Grinda *1* se fixează de partea superioară a podului, care în timpul acestei manevre nu se translatează.

Pentru descărcarea podului, căruciorul se deplasează în poziția extremă dreaptă, iar grinda *1* se fixează la o distanță de 8, 9 m de axul șirului de coloane din stînga clădirii, în timp ce momentul încovoietor maxim al podului rulant este la 13,5 m (deschiderea sălii fiind 27 m). În felul acesta apare posibilitatea ridicării greutății de 40 t cu ajutorul podului de 30 tf.

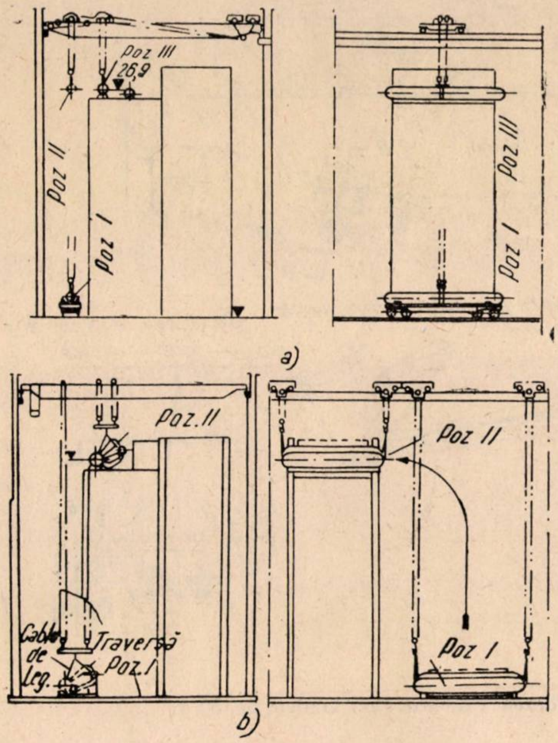

Poz III
26,9
Poz II
Poz I
Poz III
Poz I
a)
Poz. II
Poz II
Cablu de leg.
Traversă
Poz. I
Poz I
b)

Fig. 7. Schema ridicării tamburelor:
a – ridicarea tamburului cazanului; b – ridicarea blocului din două tambure.

Exemplul 2 [6]. O altă schemă de ridicare a unui tambur de 50 t cu ajutorul unui pod rulant 2×15 tf a fost experimentată de Țentroelektromontaj (fig. 10).

Tachelajul instalat pe podul rulant constă din grinda *1*, așezată pe căile de rulare ale podului rulant și frînată de palanul *2* de 15 tf, alcătuit din doi scripeți cu trei role de 15 tf. Palanul este acționat de un troliu electric de 3 tf. Grinda de ridicare instalată pe pod se află la o distanță 10 > l > 5 m de la capătul stîng al podului. Se verifică lipsa rugozităților și bavurilor pe grindă și pe căile de rulare, care ar putea împiedica translatarea grinzii.

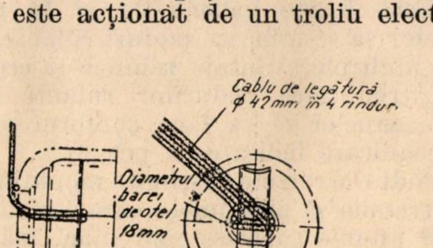

Cablu de legătură φ 42mm în 4 rînduri
Diametrul barei de oțel 18mm
Țeavă φ 245 x 23

Fig. 8. Modul de legare a tamburului.

Pe grindă se agață două palane, *3*, alcătuite fiecare din scripeți a patru role de 30 tf și din cinci role așezate pe grindă. De aceste palane se suspendă traversa *5*, de care se leagă tamburul *6*, care urmează a fi ridicat.

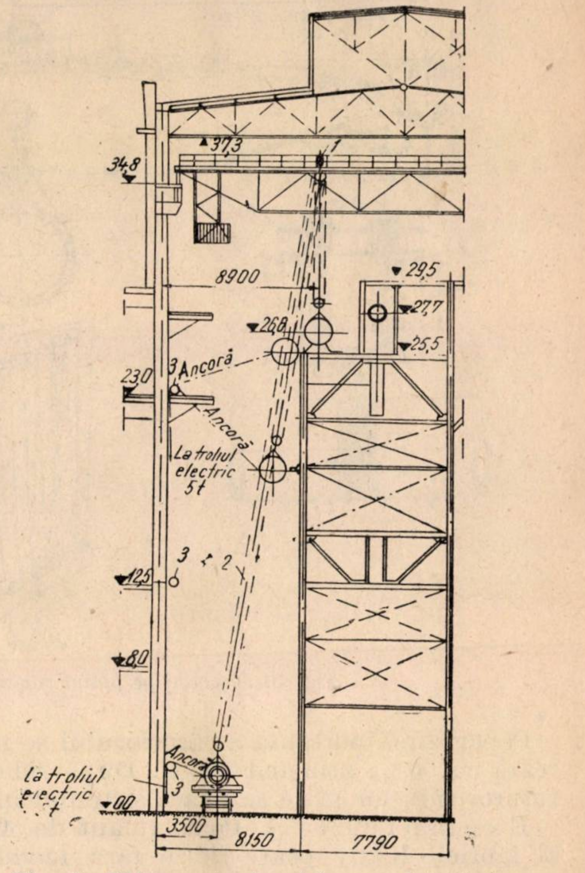

37,3
1
34,8
8900
29,5
27,7
26,8
25,5
23,0
3 Ancoră
Ancoră
La troliul electric 5t
3
2
12,5
8,0
Ancoră
3
La troliul electric 5t
0,0
3500
8150
7790

Fig. 9. Ridicarea tamburului cazanului (41 t) cu ajutorul unui dispozitiv așezat pe podul rulant.

Pe partea dreaptă a podului, pe talpa sa inferioară, se fixează grinda *7*, pe două sprijine *8*.

Pe grindă se fixează rolele de ghidare *9*, prin care cablul *10* trece spre tamburele *11* ale celor două cărucioare ale podului rulant.

Pentru o așezare corectă a cablului pe tamburele cărucioarelor se instalează șnecul de ghidare *13*.

Greutatea tuturor acestor dispozitive este de 2 117 kg.

Pentru instalarea la locul de montaj al tamburului cazanului, acesta se aduce pe cale ferată în sala cazanelor, în dreptul axului longitudinal al cazanului. Podul rulant se așază astfel încît după ridicarea tamburului să nu mai fie necesară mișcarea podului rulant. Apoi se eliberează troliul de frînare, iar cărucioarele se încarcă cu cablurile de sarcină.

Exemplul 3 [7]. Pentru ridicarea unui tambur de 45 t cu un pod rulant de 2×15 tf, se poate modifica palanul principal al căruciorului, trecîndu-se pe şase fire (în loc de patru) şi înlocuindu-se scripetele de 15 tf cu un scripete cu trei role de 25 tf.

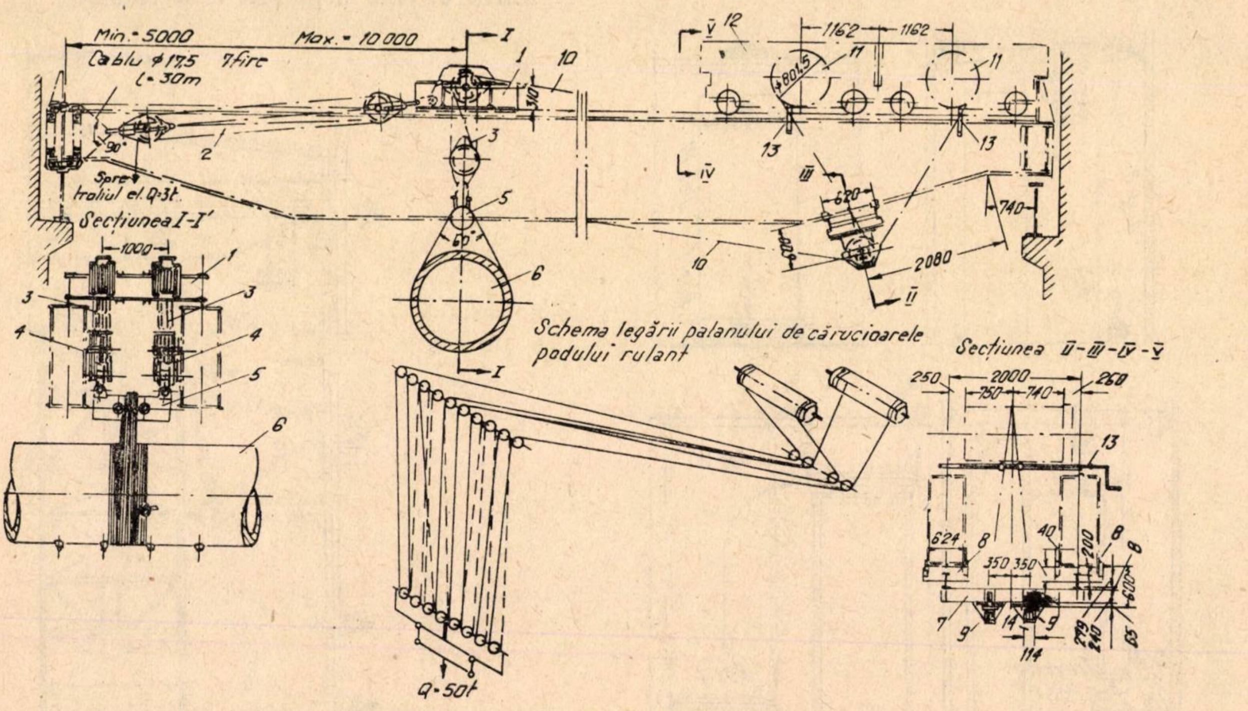

Min.=5000
Max.=10 000
Cablu ϕ17,5 7fire
l=30m
I
1
10
3
2
90°
Spre troliul el. Q=3t
Secțiunea I-I'
1000
1
3
3
4
4
5
5
6
60°
6
Schema legării palanului de cărucioarele podului rulant
I
Q=50t
V
12
1162
1162
11
11
13
13
IV
III
620
740
2080
10
II
Secțiunea II-III-IV-V
250
2000
260
750
740
13
624
8
350
350
40
200
8
8
7
9
14
9
114

Fig. 10. Tachelaj pe podul rulant de 30 tf în vederea ridicării unui tambur de 50 t.

Capacitatea portantă a căruciorului se majorează cu 50%, atingînd 22,5 tf. După ridicarea tuturor pieselor grele se reface sistemul inițial.

Exemplul 4 [7]. Podul rulant de 30/5 tf al fabricii Kirov poate ridica fără modificări sarcini pînă la 45 t, prin agățarea de grinda podului rulant a unui palan de 15 tf şi instalarea la capătul liber al podului rulant a unui troliu electric de 5 tf.

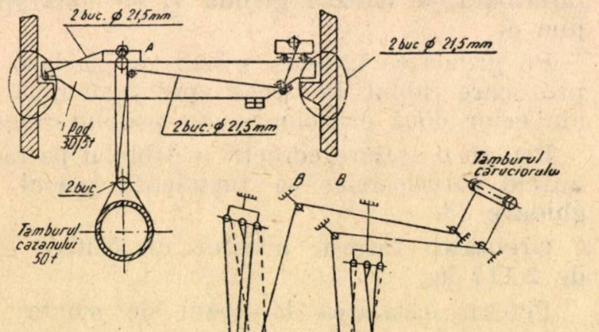

2 buc. ϕ 21,5mm
A
2buc ϕ 21,5mm
Pod 30/5t
2buc. ϕ 21,5mm
2buc.
Tamburul cazanului 50t
Tamburul căruciorului
B
B

Fig. 11.

Exemplul 5 [10]. Podul rulant de 30/5 tf poate ridica 50 t cu schema de ridicare din figura 11. Căruciorul podului rulant se fixează într-o extremă a podului şi se ancorează. Pe o grindă aşezată pe pod se fixează două palane de 25 tf fiecare (cu scripeți cu trei role). Capătul liber al palanelor este condus prin rolele de ghidare *B* şi *C* spre tamburul căruciorului. Pentru această operație se desfăşoară cablul tamburului şi se înlocuieşte cu cabluri de lungimea necesară şi ⌀ 21,5 mm.

Concluzii

1. Montarea echipamentului sălilor de maşini se face numai cu ajutorul podurilor rulante.

Numărul şi capacitatea portantă a podurilor rulante pentru acest montaj se stabileşte conform schemelor de mecanizare indicate la pct. 1.1.

2. Este foarte indicat ca şi la montajul cazanelor să se utilizeze poduri rulante, acestea avînd multiple avantaje tehnice şi economice.

3. Introducerea podurilor rulante la montajul cazanelor se va face conform schemelor de mecanizare indicate la pct. 2.2.

4. Podurile rulante destinate montajului cazanelor trebuie să aibă unele caracteristici specifice, şi anume gabarite mai mici, înălțimi de ridicare mai mari, viteze mărite etc.

5. În cazurile în care sarcinile de ridicat (statoarele generatoarelor, tamburele cazanelor etc.) depăşesc capacitățile portante ale podurilor rulante, atît la montajul echipamentului din sala turbinelor cît şi la acela din sala cazanelor, se vor folosi scheme de ridicare speciale, indicate în exemplele la pct. 1.2. şi 2.4. Aceste scheme conduc la economii importante, întrucît permit folosirea unor mecanisme mai puțin

scumpe; de asemenea evită folosirea unor metode de ridicat primitive, de lungă durată şi folosesc la maximum resursele existente.

Pentru fiecare caz în parte se face verificarea de rezistenţă a podului rulant şi se cere aprobarea Inspectoratului de stat pentru instalaţii sub presiune şi instalaţii de ridicat (ISCIR).

6. Podurile rulante fabricate în ţară au caracteristici tehnice care satisfac şi cerinţele montajului cazanelor.

Întrucît celelalte mecanisme de ridicat folosite la ridicarea cazanelor se procură din import, se impune cu atît mai mult folosirea, la aceste operaţii, a podurilor rulante fabricate în ţară.

Bibliografie

[1] Vinniţki, D. I. *Organizaţiia i mehanizaţiia montaja teplomehaniceskovo oborudovaniia na krupnîh elektrostanţiah.* Gosenergoizdat, 1962.

[2] Bincev, I. I. şi Go Mei-Cijun. *Podem statora generatora vesom 170 t odnîm mostovîm kranom gruzopodeomnostiu 100 t.* Energheticeskoe stroitelstvo za rubejom, Gosenergoizdat, 1961.

[3] Harin, B. D. *Organizaţiia stroitelstva teplovîh elektrostanţii.* Gosenergoizdat, 1962.

[4] Măcriş, A. *Alegerea mecanismelor principale necesare mecanizării montajului de centrale termoelectrice.* Energetica, **11**, (1963), nr. 8.

[5] Drobîşev, A. I. *Organizaţiia stroitelstva i montaja teplovîh elektrostanţii.* Gosenergoizdat, 1962.

[6] Goncearov, S. P. *Tehnologhiia montajnîh rabot pri soorujenii kotelnîh ustanovok elektrostanţii.* Gosenergoizdat, 1957.

[7] Fedoseev, S. L. *Montaj kotelnîh agregatov elektrostanţii.* Gosenergoizdat, 1959.

[8] Dalban, C. *Curs de construcţii metalice pentru utilaje de construcţii.* Editura de stat didactică şi pedagogică, 1961.

[9] Zaidel, V. I. *Montaj kotelnovo oborudovaniia.* Gosenergoizdnt, 1958.

[10] Zaidel, V. A. ş.a. *Spravocinic po montaju teplomehaniceskovo oborudovaniia.* Gosenergoizdat, 1960.

[11] STAS 4660-54, 4661-54, 5662-54, 4663-54, 4664-51, 800-56.

Din EXPLOATARE

Depunerile de chiciură pe liniile electrice aeriene şi pe liniile telefonice din regiunea Iaşi, în perioada 1960—1964

Ing. **E. Lăzărescu**

În exploatarea liniilor aeriene în timpul iernii apar uneori avarii grave ale acestora, datorită depunerilor intense de chiciură. Formarea chiciurii pe conductoarele liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune prezintă un pericol deosebit prin faptul că, în cazul concentrării pe linii a unor cantităţi mai mari de chiciură, ce depăşesc valorile admise în calcule, conductoarele respective se pot rupe.

Avariile produse în reţelele electrice şi telefonice din cauza chiciurii sînt destul de grave, deoarece se produce ruperea conductoarelor, ruperi sau deformări de console şi traverse şi uneori chiar deformări sau ruperi de stîlpi.

Aceste avarii datorite depunerilor de chiciură şi polei în instalaţiile telefonice şi electrice sînt cu atît mai dăunătoare economiei naţionale, cu cît ele se produc în perioada consumului maxim de energie electrică, aducînd perturbaţii de lungă durată în funcţionarea întreprinderilor industriale şi în viaţa social-economică a oraşelor. Prin aceasta se provoacă întreruperea alimentării cu energie electrică a consumatorilor importanţi timp de multe ore sau chiar timp de zile întregi. În felul acesta se pot pricinui pagube economiei naţionale, prin sistarea producţiei întreprinderilor industriale, prin degradări de instalaţii şi uneori chiar pierderi de vieţi omeneşti.

În lucrarea de faţă se încearcă să se cerceteze şi să se prelucreze un material de observaţie din ultimii patru ani, obţinut de la Întreprinderea regională de electricitate Iaşi, precum şi de la Direcţia regională P.T.T.R. Iaşi.

În acelaşi timp se va căuta să se dea cîteva exemple de avarii care s-au produs din cauza chiciurii pe liniile electrice aeriene de înaltă tensiune, precum şi exemple de deranjamente care au avut loc pe liniile telefonice ale regiunii Iaşi.

După observaţiile efectuate, depunerea de chiciură s-a manifestat, în anii trecuţi, cu o deosebită intensitate în raioanele Bîrlad şi Paşcani, mai puţin în raioanele Iaşi şi Huşi, iar în celelalte raioane ale regiunii Iaşi procesul de formare a chiciurii nu a prezentat forme periculoase pentru instalaţiile energetice şi telefonice.

În perioadele de iarnă ale anilor 1961—1962—1963 — 1964 s-au făcut observaţii vizuale şi fotografice asupra precipitaţiilor solide depuse pe liniile electrice aeriene de 15 kV din regiunea Iaşi.

Tabela 1 cuprinde cîteva exemple de avarii care s-au produs pe liniile electrice aeriene de 15 kV datorită unor depuneri intense de chiciură, iar tabela 2 conţine exemple de deranjamente produse pe liniile telefonice ale regiunii Iaşi din cauza chiciurii.

O parte din depunerile de chiciură pe conductoarele liniilor electrice aeriene de 15 kV Bîrlad—Bereşti şi Paşcani—Iugani sînt ilustrate în figurile 1, 2 şi 3.

Figurile 1 şi 2 reprezintă un aspect al depunerii de chiciură de pe linia electrică aeriană de 15 kV Bîrlad — Bereşti, cu disimetrie tipică. Diametrul exterior al manşonului de chiciură a fost apreciat la peste 45 mm, iar grosimea stratului de chiciură care acoperea conductoarele liniei electrice susmenţionate era de circa 35 mm. Aspectul exterior al chiciurii era deosebit de regulat.

În figura 3 se pot remarca elementele peniforme obţinute prin detaşarea depunerii. Aceste elemente erau constituite, la rîndul lor, din subelemente cristaline cu formă tipică de vîrf de săgeată.

Distribuirea depunerilor de chiciură pe zone, precum şi o succintă schemă de raionare a chiciurii, după valoarea ma-

Tabela 1

Exemple de avarii produse în liniile electrice aeriene din regiunea Iași, datorită chiciurii (etapa 1960–1964)

Nr. crt.	Linia electrică aeriană în care s-au produs avarii datorită chiciurii	Data producerii avariei	Utilaj enegetic defectat din cauza chiciurii	Locul unde s-a produs avaria	Observații
1	Linia electrică aeriană de 15 kV Pașcani-Iugani	18.I.1962, orele 21,12	Coductorul fazei *R* s-a rupt și a căzut peste faza *S* la legătura de la separator	Pe stîlpul 1 al racordului de 15 kV spre satul Hălăucești	
2	Linia electrică aeriană de 15 kV Pașcani-Hîrlău	18.I.1962, orele 23,15	Au fost smulse prin spargere izolatoarele de la stîlpul nr. 172	La stîlpul nr. 172	S-au rupt legăturile de susținere de la 18 stîlpi și au căzut toate firele
3	Linia electrică aeriană de 15 kV Bîrlad-Berești	19.I.1962, ora 0,41	Au fost distruși: – 3 stîlpi rupți, nr. 341, 345 și 346 – 1 stîlp încovoiat, nr. 257 – 11 izolatoare stricate – 7 vîrfare rupte la stîlpii 254, 264, 265, 266, 269, 275 – conductorul rupt în intervalul dintre 4 stîlpi – 31 legături de susținere au fost rupte	Între stîlpii 255 și 256 conductorul fazei *R* a fost rupt. Între stîlpii 257 și 258 conductoarele celor trei faze au fost rupte	

Tabela 2

Exemple de deranjamente produse pe liniile telefonice din regiunea Iași, datorită chiciurii (etapa 1960–1964)

Nr. crt.	Linia telefonică la care s-a produs deranjamentul prin chiciură	Data producerii deranjamentului	În ce constă deranjamentul produs de chiciură
1	Linia telefonică Bîrlad-Bășești	14–18.II.1963	Traseu căzut prin ruperi de conductoare
2	Linia telefonică Huși-Averești	17.II.1963	Traseu căzut între stîlpii nr. 100 și 140 prin ruperi de conductoare
3	Linia telefonică Pașcani – Ruginoasa – Tg. Frumos	22.II.1963	Scurtcircuit și ruperi de conductoare
4	Linia telefonică Huși – Vutcani	14–15.II.1964	Ruperi de conductoare
5	Linia telefonică Pașcani – Fălticeni	20.II.1964	Ruperi de conductoare pe o porțiune cuprinsă între 64 de stîlpi

ximă a depunerilor de chiciură și după frecvența și intensitatea depunerilor de polei și chiciură pe liniile telefonice din regiune, este redată în cele ce urmează.

1. Zona Bîrlad — Perieni — Puești este zona cu depunerile cele mai intense din regiune și care a creat cele mai mari dificultăți în exploatarea liniilor telefonice în perioadele de iarnă. Cu mijloace suplimentare de prevenire a deranjamentelor datorită chiciurii, s-au înlocuit recent conductoarele de 2 mm cupru cu altele de 3 mm oțel.

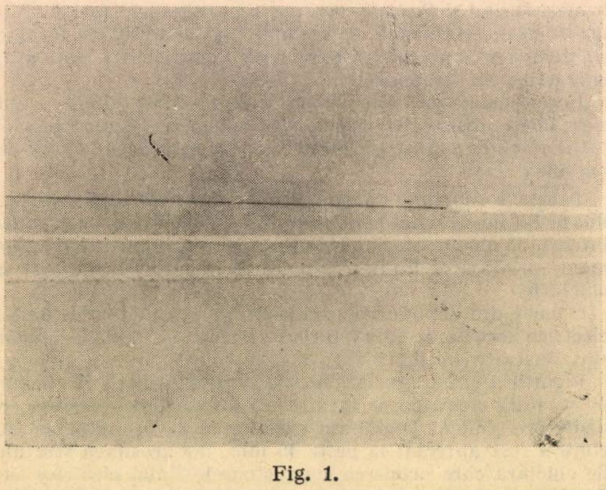


Fig. 1.

2. Zona Bîrlad — Bășești și Bîrlad — Crasna, cuprinzînd șesul Bîrladului, paralel cu traseul liniei de cale ferată, creează multe neplăceri la întreținerea instalațiilor telefonice și telegrafice în epoca favorabilă producerii depunerilor de gheață. Ca mijloc eficient pentru protecția acestor instalații s-au introdus ancore contra furtunii.

3. Zona Tg. Frumos — Strunga — Miclăușeni și zona Tg. Frumos — Ruginoasa — Pașcani sînt prevăzute cu o protecție deosebită contra depunerilor intense de chiciură pe conductoarele liniilor telefonice.

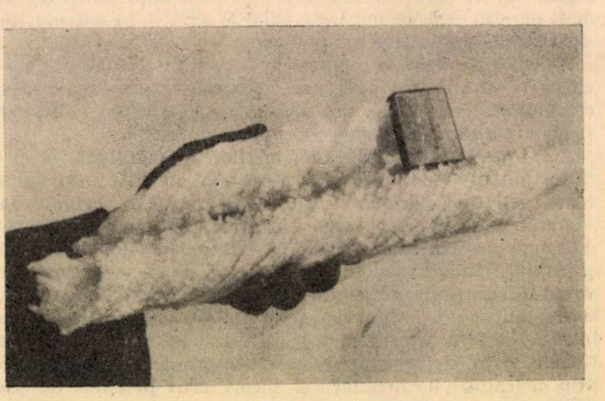


Fig. 2.

4. În zona Iași — Poeni — Vaslui și mai cu seamă pe dealul Repedea, la intrarea în pădure, se utilizează cele mai variate mijloace tehnice de protecție, ca:

— reorientarea liniei;

— consolidarea fiecărui stîlp cu patru ancore contra furtunii: două în linie și două laterale;

— înlocuirea stîlpilor de stejar cu stîlpi de brad creozotaţi (mai flexibili şi deci mai rezistenţi) etc.

În toate exemplele date mai sus s-a remarcat, în general, un aspect uniform al depunerii de chiciură după direcţia vîntului dominant şi o mare neuniformitate a depunerii după o direcţie perpendiculară pe vînt.

S-au mai semnalat că, în timp ce conductoarele liniilor electrice aeriene au primit o îmbrăcăminte groasă de chiciură, pe console, pe stîlpi sau pe alte obstacole de dimensiuni mai mari nu s-a depus chiciură aproape de loc. În această privinţă sînt elocvente figurile 1, 2 şi 3.

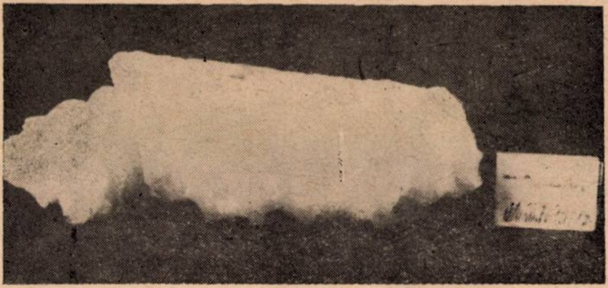


Fig. 3.

Faptul se datoreşte, fără îndoială, condiţiilor aerodinamice, care determină proiectarea picăturilor suprarăcite pe stîlpi sau pe obstacole mai mari.

În imediata apropiere a conductorului liniei electrice aeriene, variaţia vitezei curentului de aer este foarte rapidă, în aşa fel încît, în virtutea inerţiei, picătura de ceaţă solidificată este puternic proiectată spre conductor. Picătura, ieşind din curentul de aer, se fixează pe conductor, în partea de unde vine vîntul.

La stîlpi şi console, abaterea curentului de aer se realizează însă de le distanţă relativ mare faţă de obstacol, astfel că în imediata apropiere a stîlpilor curentul de aer este mult frînat şi dirijat după conturul obstacolului, împiedicînd astfel depunerea picăturilor solidificate.

Concluzii

1. Din intervalul de patru ani, luat în consideraţie (1960—1964), iarna anului 1962, prin depunerea cea mai intensă de chiciură, a provocat importante avarii pe liniile electrice aeriene din regiunea Iaşi.

2. Depunerile importante de chiciură pe conductoare au avut ca urmări efecte distructive, ca : ruperi de conductoare electrice şi telefonice, ruperi de stîlpi, spargeri de izolatoare etc.

3. În procesul de formare a chiciurii pe conductoarele liniilor electrice aeriene şi telefonice, în afară de factorii macrofizici (temperatură şi vînt), trebuie să se ia în considerare şi umiditatea relativă, precum şi condiţiile microfizice, cum sînt : concentraţia picăturilor de ceaţă, precum şi procentul de elemente cristaline, în raport cu numărul de picături lichide.

4. Din observaţiile vizuale şi fotografice efectuate se remarcă aspectul exterior al sferetelor solide amorfe, adică al picăturilor care nu au avut răgazul necesar pentru cristalizare.

Bibliografie

[1] Bălescu, I. O. *Depunerile de gheaţă pe conductorii aerieni*. Meteorologia. hidrologia şi gospodărirea apelor nr. 2, 1962, p. 108.

[2] Bălescu, I. O. *Condiţiile sinoptice care furnizează depunerile de gheaţă, în R.P.R.* Meteorologia, hidrologia şi gospodărirea apelor, nr. 4, 1962.

[3] Bălescu, I. O. *Depunerile de gheaţă pe liniile electrice aeriene în regiunea munţilor Vîlcan, între 20.XI şi 10. XII 1956*. Meteorologia şi hidrologia nr. 2, 1957.

[4] Bucinski, V. E. *Poleiul şi combaterea lui*. Leningrad, Ghidrometeoizdat, 1960, p. 192.

[5] Cirakadze, J. I. *Schema raionării chiciurii în Transcaucazia*. Meteo. i ghidrol. nr. 1, 1959, p. 34—37.

[6] Rudneva, A. V. *Valoarea maximă a depunerilor de chiciură pe cabluri pe teritoriul U.R.S.S*. Trudî GGO, 1959, fasc. 85, p. 3—13.

[7] Rudneva, A. V. *Frecvenţa şi intensitatea fenomenului de polei şi chiciură pe teritoriul U.R.S.S.*. Trudî GGO, 1957, fasc. 75, p. 3—31.

[8] Racoski. *Problema distribuirii depunerilor de chiciură*. Trudî GGO, nr. 2, 1963, p. 110—114.

[9] Bucinski, V. E. *Atlasul depunerilor de gheaţă pe cabluri*. Lenigrad, Ghidrometeoizdat, 1955.

PENTRU tînărul inginer

Domeniul de utilizare şi calculul rezistenţei prizelor naturale ale stîlpilor liniilor electrice aeriene

Ing. D. Mark

Legarea la pămînt a instalaţiilor energetice are ca scop atît asigurarea unei funcţionări normale a instalaţiei cît şi protecţia persoanelor împotriva electrocutării în cazul defectelor de izolaţie.

Drept priză de legare la pămînt se utilizează în general electrozi metalici de diverse forme şi dimensiuni. Cele mai răspîndite prize sînt confecţionate din ţeavă de oţel şi benzi de oţel.

În prescripţii se indică, de obicei, ca metodă de îmbunătăţire a rezistenţei de dispersie a prizelor de legare la pămînt artificiale, utilizarea prizelor naturale. Prin acest termen de priză naturală, mult timp s-a înţeles folosirea electrozilor metalici care accidental sau din condiţii prescrise se aflau îngropaţi în pămînt în zona respectivă. (De exemplu : învelişul metalic al cablurilor îngropate în pămînt, conducte de apă sau alte lichide neinflamabile, şine de cale ferată şi altele).

În ultimii ani, noţiunea de priză naturală de legare la pămînt a primit un alt conţinut, referindu-se în special la capacitatea obiectului în contact cu pămîntul de a juca şi rolul de electrod de legare la pămînt.

Studii teoretice şi experimentale întreprinse în această direcţie au condus la soluţii mult mai economice de realizare a prizelor de legare la pămînt a liniilor electrice aeriene în special şi la alte construcţii industriale în general [1], [2], [3].

Problema constă în analizarea modului de comportare a betonului şi a betonului armat la trecerea prin el a unor curenţi de mare intensitate.

Primele cercetări întreprinse au dus la concluzia că betonul uscat, străbătut de curenţi de mare intensitate, se distruge, devenind sfărîmicios.

Dar imediat după aceasta s-au întreprins noi cercetări bazate pe observaţia că betonul folosit ca electrod de legare la pămînt este îngropat în pămînt şi deci întotdeauna conţine un anumit procent de umiditate, absorbită capilar. Aceste cercetări au stabilit că absorbţia capilară are loc relativ repede după îngroparea electrodului în pămînt, iar rezistivitatea betonului scade foarte repede în funcție de umiditate, atingînd după cîteva ore o valoare-limită după o curbă exponențială la un procent relativ mic, de 6—7% umiditate (fig. 1).

De aici rezultă că betonul umed, în contact cu pămîntul, constituie o bună priză de legare la pămînt. Or, în solurile în care rezistența de dispersie cerută de prescripții se poate obține prin priza naturală a stîlpului, solul are totdeauna la adîncimea de îngropare o umiditate suficientă pentru ca, prin absorbție capilară, betonul să aibă o umiditate corespunzătoare.

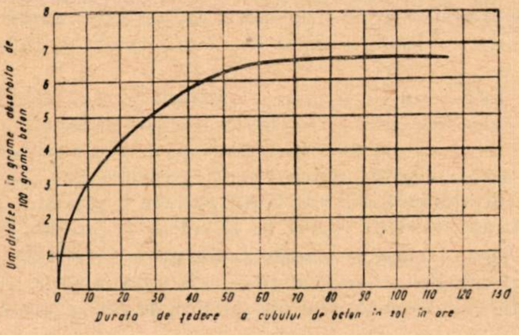


Fig. 1. Curba de umezire a betonului în funcție de timpul de ședere în sol : rezistivitatea betonului se micșorează proporțional cu adaosul de umiditate de la $\rho = 100 . 10^4$ Ω.cm la $\rho = 0{,}5 \ldots 1{,}0 . 10^4$ Ω.cm (după [3]).

Utilizarea acestei proprietăți se face astăzi larg la liniile de înaltă tensiune echipate pe stîlpi de beton armat.

Măsurări efectuate la noi în țară în 1958 pe prima linie echipată fără prize de legare la pămînt artificiale (o linie de 15 kV pe stîlpi de beton armat centrifugat), după trei săptămîni de la execuția liniei, în perioada secetoasă, au arătat o variație a rezistenței de dispersie a stîlpilor cuprinsă între 1 și 28 ohmi, în funcție de rezistivitatea solului. Aceste rezultate au confirmat posibilitatea renunțării la prizele artificiale pentru stîlpii de beton armat îngropați direct în sol, contribuind la ușurarea condițiilor prescrise. În cazul liniilor pe stîlpi de beton armat cu fundații de beton nearmat, condițiile folosirii părții îngropate în sol ca priză naturală întîmpină dificultăți din următorul motiv : scurgerea curenților se face prin armătura de oțel a stîlpului (căreia i se asigură o continuitate electrică), care, fiind încastrat într-o fundație masivă de beton, nu mai are asigurat un contact suficient de bun cu solul. Rezistența fundației este mare, spre deosebire de stratul subțire de beton, care desparte armătura de sol în cazul precedent.

În astfel de cazuri, fundația trebuie șuntată și practic nu se poate utiliza priza naturală a stîlpului.

Dacă linia are fundații de beton armat, acestea se pot folosi cu succes ca prize de legare la pămînt a stîlpului, atît în cazul stîlpilor metalici cît și al celor de beton, asigurîndu-se o legătură galvanică între armătura fundației și cea a stîlpului.

Problema care se pune la proiectarea unei linii este următoarea : este oare suficientă priza naturală a stîlpului pentru asigurarea rezistenței de dispersie cerută de prescripții sau este necesară amenajarea unei prize de legare la pămînt artificiale?

Prescripțiile în vigoare prevăd, în funcție de tensiunea rețelei, modul de tratare a neutrului rețelei și zona în care se află linia, obligativitatea asigurării unei anumite valori a rezistenței de dispersie la joasă frecvență a stîlpului.

Rezistența de dispersie a stîlpului cerută de prescripții se calculează pe baza formulelor cunoscute :

$R = \frac{U_{max}}{I}$; cu $U_{max} = 250$ V în cazul instalațiilor cu curenți mici de punere la pămînt și

$R = \frac{U_{50\%\ imp.}\ (\mathrm{kV})}{I_{max\ trăsnet}\ (\mathrm{kA})}$ pentru instalații cu curenți mari de legare la pămînt.

În funcție de rezistivitatea solului se stabilește rezistența de dispersie maximă a instalației de legare la pămînt, conform tabelei 1.

Tabela 1

Rezistivitatea solului, Ωcm	Rezistența de dispersie maximă a instalației de legare la pămînt, Ω
pînă la 10^4	10
peste 10^4, dar sub 5.10^4	15
peste 5.10^4, dar sub 10.10^4	20
peste 10.10^4	30

Este de remarcat că la linii de 400 kV și chiar la linii de 220 kV este indicată limitarea pînă la maximum 20 ohmi a rezistenței, ceea ce duce la reducerea conturnărilor pe aceste linii.

Valorile indicate pentru linii cu tensiunea de 220 și 400 kV sînt redate în tabela 2.

Tabela 2

Rezistivitatea solului, Ωcm	Rezistența de dispersie maximă a instalației de legare la pămînt, Ω
pînă la 10^4	5
peste 10^4, dar sub 5.10^4	10
peste 5.10^4, dar sub 10.10^4	15
peste 10.10^4	20

La dimensionarea unei prize la stîlpul unei linii este indicat a se începe calculul prin verificarea valorii prizei naturale a stîlpului, și, numai în cazul cînd aceasta este prea mare față de condițiile prescrise, să se treacă la dimensionarea unei prize artificiale.

Calculul prizei de legare la pămînt naturale a unei fundații de beton armat sau a unei porțiuni de stîlp îngropat direct în pămînt se poate efectua cu formulele obișnuite pentru calculul rezistenței de dispersie a electrozilor metalici, cu unele particularități.

Stratul de beton care acoperă armăturile obține o conductibilitate apropiată de cea a solului, datorită absorbției capilare. Avînd însă în vedere faptul că armătura reprezintă numai o plasă de metal, trebuie să se țină seamă în calcul de dimensionarea suprafeței de scurgere.

Modul de calcul recomandat este următorul [2], [8].

1. Se calculează rezistența la frecvență industrială a prizei de punere la pămînt după formulele obișnuite pentru electrozii de forme asemănătoare, cu următoarele modificări :

— Dimensiunile electrozilor se calculează la dimensiunile carcasei de armătură.

— Rezistivitatea de calcul a solului se înmulțește cu un coeficient care ține seamă de stratul de beton ce acoperă carcasa metalică.

Acest coeficient, pentru fundațiile obișnuite și pentru stîlpii îngropați direct în pămînt, se ia egal cu 1,25. Deci

$$\rho_{echiv.} = 1{,}25\ \rho \quad [7],$$

unde ρ este rezistivitatea de calcul a solului, calculată prin înmulțirea lui ρ măsurat cu coeficientul de variație sezonieră.

— Rezistența obținută în acest mod se înmulțește cu un coeficient care ține seamă de faptul că armătura nu reprezintă o suprafață de scurgere continuă.

La armarea obișnuită, acest coeficient se ia $\beta = 1{,}4$. În cazul unor armări mai puternice, cînd ochiurile formate de armătură sînt mai mici de 140 × 90 mm, β poate fi luat mai mic [8].

— Trecerea de la rezistențele elementelor singulare la rezistența la impuls a ansamblului prizei (mai mulți montanți, mai multe fundații etc.) se face cu considerarea coeficienților de impuls ai fiecărui element în parte și a coeficientului de utilizare la impuls a ansamblului.

În tabela 3 se dau valorile coeficientului de impuls și coeficienților de utilizare pentru cîteva tipuri de elemente care se pot folosi în calcule (după cercetări experimentale [8]).

După cum reiese din tabela 3, coeficientul de utilizare la impuls a elementelor compuse, datorită apropierii rezultate constructiv, este destul de scăzut. În cazurile cele mai frecvente oscilează în jur de 0,5.

Tabela 3

Coeficienții de impuls și de utilizare pentru stîlpi și tălpi de fundare

Electrod	I_{max} kA	α_{imp}	$\eta_{\sim}$	η_{imp}
Stîlp $l = 200$ cm. s $= 35 \times$	5,0	0,8		
$\times 35$ cm	8,0	0,7		
	17,0	0,55		
Stîlp $l = 500$ cm $35 \times$	12,5	0,8		
$\times$ 35 cm	25,0	0,65		
Talpă $l = 200$ cm $a =$	5,0	0,87		
$= 180$ cm	8,0	0,87		
	8,0	0,8		
	17,0	0,6		
Talpă $l = 250$ cm	12,5	0,6		
$a = 180$ cm	25,0	0,5		
patru stîlpi $l = 200$ cm	8,0		0,7	0,52
b (distanța între stîlpi) =				
$=234$ cm	21,4			0,5
Patru stîlpi	50,0			0,55
$b = 234$ cm	100,0			0,5
Opt stîlpi $l = 200$ cm	14,0		0,68	0,5
$b = 234$ cm				
Opt stîlpi				
$l = 500$ cm				
$b = 234$ cm	100,0			0,55
Distanța între grupul de				
cîte patru stîlpi				
$A = 1050$ cm				
Patru tălpi $l = 200$ cm	15		0,55	0,4
$b = 234$ cm				
$a = 180$ cm				
Patru tălpi $l = 250$ cm	50			0,4
	100			0,38
Opt tălpi $l = 200$ cm	14		0,48	0,35
$a = 180$ cm				
Opt tălpi $l = 250$ cm	100			0,35

Pentru fundații îngropate vertical (baza stîlpului sau porțiunea verticală din fundație cu talpă sau ciupercă etc.), formula de calcul a rezistenței este :

$$R_{st} = \frac{\beta\, \rho_{echiv.}}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d_{echiv.}} = \frac{0{,}37\, \rho_{ech.}}{l} \log \frac{4l}{d_{echiv.}} \text{ ohmi,}$$

unde

β este coeficientul care ține seamă de carcasa de armătură ;

ρ_{ech} — rezistivitatea de calcul multiplicată cu coeficientul 1,25 ;

l — lungimea porțiunii îngropate în pămînt ;

d_{echiv} — diametrul echivalent al carcasei de armătură (în cazul unor fundații circulare se ia diametrul real al carcasei) ;

ρ — se exprimă în ohmi.cm. iar celelalte dimensiuni se exprimă în cm.

Pentru fundații sub formă de talpă (sau ciupercă etc.), formula de calcul este :

$$R_{talpă} = \frac{\beta\, \rho_{ech}}{4 D_{ech}} \left(1 + \frac{2}{\pi} \text{arc sin} \frac{D_{ech}}{2\sqrt{(2t)^2 + \left(\frac{D_{ech}}{2}\right)^2}} \right) \text{ohmi,}$$

unde

D_{ech} este diametrul echivalent al carcasei de armătură a tălpii (în cazul unor fundații circulare se ia diametrul real), cm. ;

t — adîncimea de îngropare, cm.

Diametrul echivalent se calculează cu formula :

$$D_{ech} = \frac{2(A + B)}{\pi};$$

unde A și B sînt laturile paralelipipedului.

Pentru fundații compuse, formula de calcul a rezistenței echivalente se face analog ca la electrozii metalici, ținînd seamă de coeficientul de impuls și de utilizare a fiecărui element în parte :

$$R_{ech} = \frac{R_{1i} \cdot R_{2i}}{R_{1i} + R_{2i}} \cdot \frac{1}{\eta_i} \text{ pentru două prize, respectiv}$$

$$R_{ech} = \frac{1}{\eta_i \sum \frac{1}{R_i}} \text{ pentru un număr mai mare de prize,}$$

unde

R_i este rezistența la impuls a unui electrod, iar

η_i — coeficientul de utilizare a sistemului de electrozi.

În anexa care urmează se exemplifică modul de calcul al rezistenței prizei de legare la pămînt pentru o linie de 220 kV în soluri cu rezistivități diferite.

Exemple de calcul

1. Dimensionarea prizei de legare la pămînt pentru protecția împotriva supratensiunilor a stîlpului liniei de 220 kV cu fundații de beton armat prefabricat, conform figurii 2, într-un sol cu o rezistivitate măsurată în lunile de toamnă (umede) $0{,}2 \times 10^4\ \Omega$ cm.

Întrucît rezistența prizei de legare la pămînt este dimensionată la linii electrice aeriene în rețele cu neutrul legat la pămînt din condiții de protecție împotriva supratensiunilor, este necesară alegerea unei prize de 10 Ω, conform PET, par. 945.

Rezistivitatea de calcul a solului rezultă din înmulțirea rezistivității măsurate cu coeficientul ψ la variația sezonieră.

Pentru exemplul de mai sus, $\psi=1{,}3$.

Deci $\rho = 1{,}3 \cdot 0{,}2 \cdot 10^4 = 0{,}26 \cdot 10^4\ \Omega$cm,

iar $\rho_{ech} = 1{,}25$; $\rho = 0{,}325 \cdot 10^4\ \Omega$ cm.

Dimensiunile electrozilor vor fi :

— Piciorul ciupercii :

din figură rezultă

$$d_{ech} = \frac{2(a + a)}{\pi} = \frac{2(50-4) + (50-4)}{\pi} = \frac{184}{\pi} = 58{,}8\text{cm} \approx 60 \text{ cm.}$$

Adîncimea de îngropare, $l = 230$ cm.

— Talpa

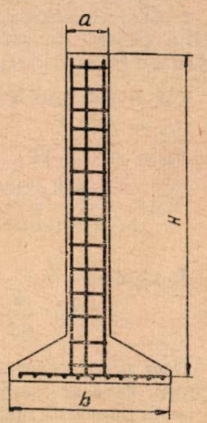


Fig. 2.

Din figură rezultă $D_{ech} = \frac{2(b + b)}{\pi} =$

$$= \frac{2(120-4)+(120-4)}{\pi} = \frac{464}{\pi} = 148{,}8 \text{ cm} \approx 150 \text{ cm.}$$

Adîncimea de îngropare, $t = 250$ cm.

Avînd o armare de 20 × 20 cm, $\beta = 1{,}4$.

Rezistența R_{st} a piciorului :

$$R_{st} = \frac{0{,}37\, \beta\, \rho_{ech}}{1} \log \frac{4l}{d_{ech}} = \frac{0{,}37 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}325 \cdot 10^4}{230} \log \frac{4.230}{60};$$

$R_{st} = 8{,}7\ \Omega$.

$$R_{talpă} = \frac{\beta\, \rho_{ech}}{4 D_{ech}} \left(1 + \frac{2}{\pi} \text{arc sin} \frac{D_{ech}}{2\sqrt{(2t)^2 + \left(\frac{D_{ech}}{2}\right)^2}} \right) =$$

$$= \frac{1{,}4 \cdot 0{,}325 \cdot 10^4}{4 \times 150} \left(1 + \frac{2}{\pi} \text{arc sin} \frac{150}{2\sqrt{(2 \cdot 250)^2 + \left(\frac{150}{2}\right)^2}} \right).$$

$R_{talpă} = 7{,}6\ \Omega$.

Avînd în vedere că stîlpul are patru picioare, deci curentul se va scurge prin cele patru fundaţii, alegem, din tabela 3, pe α_i, pentru un curent minim de 5 kA, ceea ce înseamnă curenţi de trăsnet de 20 kA, care au o frecvenţă mai mare.

Pentru un stîlp asimilăm cazul nostru cu stîlpi de 200 mm secţiune 35 × 35 cm, pentru $\alpha_i = 0{,}8$; iar pentru talpă, asimilăm cu o talpă cu laturi de 180 cm, cu adîncimea de îngropare de 200 cm, pentru care se găseşte în tabela 3 $\alpha_i = 0{,}87$.

Atunci $R_{ech} = \frac{(8{,}7\cdot 0{,}8)\cdot(7{,}6\cdot 0{,}87)}{(8{,}7\cdot 0{,}8)+(7{,}6\cdot 0{,}87)}\cdot\frac{1}{\eta}$; $\eta = 1$,

deoarece talpa cu stîlpul sînt în continuare.

$R_{ech} = 3{,}37\ \Omega$.

Avînd patru fundaţii, R_{ech} al celor patru fundaţii rezultă :

$R_{totai} = \frac{1}{\eta_i \sum \frac{1}{R_{ech}}}$; η_i pentru patru stîlpi (conf. tabelei 2) $= 0{,}5$.

$$R_{total} = \frac{1}{0{,}5\,\frac{4}{3{,}37}} = \frac{3{,}37}{2} = 1{,}68\ \Omega.$$

Rezultă evident din acest calcul că, în soluri cu rezistivitate mică, condiţiile cerute de prescripţii sînt asigurate prin priza naturală a fundaţiilor armate folosite uzual în prezent şi nu este necesară prevederea unor prize artificiale.

2. Dimensionarea prizei de legare la pămînt pentru acelaşi stîlp, pentru un sol cu o rezistivitate de $\rho = 5\cdot 10^4\ \Omega$ cm. Rezistenţa prizei cerută de PET este de 15 Ω.

$$\rho_{ech} = 1{,}3\cdot 1{,}25\cdot 5\cdot 10^4 = 8{,}15\cdot 10^4\ \Omega\ \text{cm}$$

$$R_{st} = 218\ \Omega$$

$$R_{talpă} = 190\ \Omega$$

$$R_{ech} = \frac{(218\cdot 0{,}8)(190\cdot 0{,}87)}{(218\cdot 0{,}8)+(190+0{,}870)} = 85\ \Omega.$$

$$R_{total} = \frac{1}{0{,}5\cdot\frac{4}{85}} = 42{,}5\ \Omega.$$

Deci priza naturală nu asigură rezistenţa cerută de prescripţii. Este necesară alegerea unei prize artificiale.

— Se încearcă întîi o priză de contur, pe care o vom compara cu o priză radială.

Se aleg dimensiunile conturului sub formă de pătrat cu latura de 8 m (pentru a nu ecrana prizele naturale) din bandă de oţel de 40 × 4 mm.

Adîncimea de îngropare este de 0,8 m. Coeficientul sezonier rămîne acelaşi ca în cazul prizei naturale, $\psi = 1{,}3$.

$$R_{contur} = \frac{0{,}13}{D}\,\rho\,\log\cdot\frac{2\,D^2}{tb} = \frac{0{,}13}{800}\,6{,}5\cdot 10^4 \times$$

$$\times \log\frac{2\cdot 64\cdot 10^4}{80\cdot 4};\quad \rho = 1{,}3\cdot 5\cdot 10^4$$

$R_{contur} = 37{,}8\ \Omega$; α_i pentru curenţi de 20 kA este

$\alpha_i = 0{,}5$ după curbele experimentale

$R_i = 37{,}8\cdot 0{,}5 = 18{,}9\ \Omega$.

Considerînd ansamblul fundaţie şi contur, se calculează priza echivalentă ţinînd seamă de coeficienţii de utilizare pentru prize compuse :

$\alpha_i = 0{,}7$ (se neglijează benzile interioare de legătură).

$$R_{tot} = \frac{42{,}5\cdot 18{,}9}{42{,}5+18{,}9}\cdot\frac{1}{0{,}7}$$

$R_{tot} = 18{,}5\ \Omega$.

Datorită coeficientului de utilizare scăzut, se observă că priza naturală influenţează foarte puţin. Din această cauză, în continuarea calculului se neglijează priza naturală.

Pentru îmbunătăţirea prizei, se încearcă completarea cu patru ţevi de 250 mm, Ø = 2″, în cele patru colţuri ale conturului.

Coeficientul de utilizare rezultă tot 0,7 ;

$$\alpha_{i\ \text{ţeavă}} = 0{,}4.$$

Rezistenţa unei ţevi este 168 Ω. Deci :

$$R_{ech} = \frac{\frac{R_{i\ \text{ţeavă}}}{4}\cdot R_{i\ contur}}{\frac{R_{i\ \text{ţeavă}}}{4} + R_{contur}}\cdot\frac{1}{\eta_i} = \frac{42\cdot 0{,}4\cdot 18{,}9}{16{,}8+18{,}9} = 9\ \Omega.$$

Fiind sub 15 Ω, priza este corespunzătoare.

Să încercăm, în alternativă, o priză radială din bandă de oţel de 40×4 mm, cu două raze de 20 m.

Pentru o rază de 20 m, rezultă rezistenţa de 40,681 ;

$$\eta_i = 1;\quad \alpha_i = 0{,}9;$$

$$R_{ech} = \frac{R_i}{2}\cdot\frac{1}{\eta_i} = \frac{40{,}681\cdot 0{,}9\cdot 1}{2\cdot 1} = 18{,}2\ \Omega.$$

Mărim razele la 30 m.

$R_{rază} = 29{,}213\ \Omega$, $\alpha_i = 1$.

$$R_{ech} = \frac{29{,}213\cdot 1\cdot 1}{2\cdot 1} = 15\ \Omega.$$

Se verifică consumul de metal în cele două cazuri :

a) Priza de contur
8,0 m × 4 laturi = 32 m
Lungimea benzilor de legătură = 6 m
4 ţevi de 2,5 m = 10 m ţeava ∅ 2”
Greutatea totală = 50 kg + 70 kg (ţeava) = 120 kg.
b) 60 m bandă = 100 kg.

Deoarece consumul de metal este mare şi ţeava este deficitară, este indicată adoptarea prizei radiale.

Bibliografie

[1] Mark, D. *Aspecte noi cu privire la prizele de legare la pămînt ale liniilor electrice aeriene.* Referat prezentat la sesiunea tehnico-ştiinţifică a cadrelor didactice din Institutul politehnic – Bucureşti, 1960.

[2] Mark, D. *Unele aspecte în legătură cu modificarea prescripţiilor privitoare la prizele de legare la pămînt a liniilor electrice aeriene.* Referat prezentat la sesiunea tehnico-ştiinţifică a Institutului de studii şi proiectări energetice, noiembrie 1961.

[3] Katigrob, N. P. *Novîi sposob zazemleniia opor LEP.* Materialele celei de-a doua sesiuni tehnico-ştiinţifice de exploatare a liniilor de transport de înaltă tensiune, 14–18 noiembrie 1956. Rostov pe Don, p. 131–139.

[4] * * * *Prescripţii de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice*, ed. a II-a. ICSE, 1960.

[5] Karsunteva, A. V. şi Merhala, C. B. *Vlianie impulsnîh tokov na mehaniceskie harakteristiki betona opor.* Elektriceskie stanţii **29** (1958), nr. 8, p. 73.

[6] Maikopar, A. S. *Armatura jelezobetonîh opor dlea otvoda tokov molnii i tokov korotkovo zamîkania.* Elektriceskie stanţii **31** (1960), p. 46–50.

[7] Vainer, A. Z. *Stekanie toka s elementov jelezobetonnîh fundamentov opor linii elektroperedacii.* Elektricestvo nr. 12, 1960, p. 34–40.

[8] Vainer, L. A. şi Serenţis, A. N. *Zazemliajuştie ustroistva na liniah elektroperedacii 110–500 kV.* Elektriceskie stanţii **32** (1961), nr. 1, p. 78–86.

[9] Mark, D. *Soluţii noi de protecţie a instalaţiilor electrice contra supratensiunilor atmosferice*, IDT, 1962, p. 68–76.

ENERGETICA PESTE HOTARE

Aspecte din energetica Angliei

Ing. **A. Georgescu**, conf. ing. **V. I. Nitu** și ing. **C. Burducea**

Marea Britanie are cel mai dezvoltat sistem energetic din țările Europei de vest. Astfel, în 1963 numai în Anglia și Țara Galilor puterea maximă simultană a fost de 33 188 MW, în timp ce cererea de putere la vîrful maxim al aceluiași an a fost de 24 949 MW. Energia produsă în perioada 1962—1963 a fost de 131 878 GWh.

În ultimii 40 de ani, media anuală a creșterii puterii instalate a fost de 8,5 %. Este de remarcat că acest procentaj a crescut în ultimii trei ani la 10,5 %.

Avînd în vedere poziția sa insulară, Anglia a fost nevoită să-și dezvolte un sistem energetic propriu, pe măsura cererii de energie. Singura interconexiune cu țări străine este realizată cu Franța, printr-un cablu de curent continuu de 200 kV, prin Marea Mînecii. În raport cu puterile dezvoltate pe insulă, această interconexiune are mai mult un caracter simbolic.

Întreaga dezvoltare a energiei engleze se bazează pe forțele proprii ale industriei naționale.

Principalii consumatori de energie electrică sînt întreprinderile industriale. Este remarcabilă însă creșterea consumului casnic al energiei electrice, ceea ce denotă un standard de viață ridicat al populației. O altă categorie de consumatori o formează întreprinderile comerciale, iluminat public, teatre, spitale etc.

Energia electrică necesară consumului este asigurată de trei întreprinderi regionale:

1. Central Electricity Generating Board (CEGB);
2. South of Scotland Electricity Board (SSEB);
3. North of Scotland Hidro Electricity Board (NSHEB).

Dintre aceste întreprinderi, CEGB are un rol preponderent în gospodărirea energiei electrice în Marea Britanie. Pentru a ilustra acest lucru, se dau datele din tabela 1.

Producerea energiei electrice

Sursele principale de producere a energiei în Marea Britanie sînt:

— centrale termoelectrice cu combustibil cărbune;

— centrale de vîrf cu turbine cu gaze:

— centrale nuclearoelectrice.

În Anglia și Țara Galilor, ca și de altfel în orice țară din lume, nu se poate stabili un echilibru pe plan local între sursele de energie și consumatori.

Cel mai important consum se înregistrează în zona Londrei — South Eastern Region. Lipsa de combustibil împiedică dezvoltarea centralelor termoelectrice în această regiune. În zona centrală și nordică a Angliei (Midlands și North-Eastern Region), în schimb, unde sînt bogate resurse de combustibil, au fost construite centrale termoelectrice puternice, iar transportul de energie în zonele deficitare se face printr-o vastă rețea de transport de distribuție.

Înainte de 1950, transportul de energie între regiuni era de 2 % din producția totală. Actualmente transferul depășește 11 %, iar în 1970 va crește la peste 20 %.

În figura 3 este arătată schematic circulația energiei în interiorul Angliei. În planul de perspectivă se prevede ca transportul de cărbune să scadă, pentru ca să crească mult transportul de energie electrică.

În ce privește numărul și puterea instalată a centralelor, se constată și în Marea Britanie, ca în toate țările cu energetică în dezvoltare, tendința de dispariție a centralelor cu grupuri de puteri unitare mici. Astfel, în 1924—1925, în zona administrată de CEGB, din 499 de centrale, 200 aveau puteri sub 1 MW și numai 12 centrale aveau puterea instalată peste 50 MW.

Tabela 1

Principalele date tehnico-economice ale exploatării energiei electrice în Marea Britanie în 1963—1964

Denumirea	Unitatea de măsură	CEGB	SSEB	NSHEB
Puterea maximă livrată	MW	33 118	2 195	1 210
Cererea maximă de putere	MW	29 949	2 694	686
Energia produsă	GWh	131 878	11 431	2 612
Randamentul termic mediu	%	27,48	28,10	23,79 17,83[1])
Prețul kWh livrate	d/kWh	0,6501[2])	0,709	0,763
Prețul de cost unitar	d/kWh	1,604	1,594	1,773
Încasările pentru energie electrică	mil. £	753,5[3])	68,3	19,7
Numărul abonaților	mii	16 585	1 399	414
Numărul salariaților	pers.	211 167	16 002	3 513
Puterile instalate în centrale noi	MW	1 803	200	89

1) Centrala termoelectrică Aberdeen și Dundee.
2) Fără costul în centrale nucleare.
3) La sfîrșitul anului financiar 1962—63 (31 martie 1963)

Creșterea puterii maxime de vîrf este reprodusă procentual pentru perioada 1955—1964 în figura 2.

Este de remarcat că numărul de salariați a crescut în această perioadă într-un procentaj mult mai redus decît producția de energie. Această creștere a eficacității economice se aplică pe de o parte prin îmbunătățiri organizatorice, pe de altă parte prin creșterea puterilor unitare în centrale, deci randament termic ridicat și o înaltă mecanizare în procesul producției.

Aceste centrale sînt pe cale să dispară. În tabela 2 este arătată creșterea numărului de centrale mari și scăderea centralelor mici, neeconomice.

Sistemul energetic CEGB cuprinde ca surse principale centralele termoelectrice de sistem, interconectate cu centralele industriale, care au o pondere destul de ridicată.

Structura puterii instalate în centrale în perioada 1954—1957 este arătată în tabela 3.

Tabela 2

Numărul centralelor şi puterea instalată în perioada 1925–1963

Puterea instalată în centrale	Numărul centralelor					Puterea totală instalată în grupul de centrale la 31 martie 1963	
	1924–1925	1939–1940	martie 1953	martie 1962	martie 1963	MW	% din total
Sub 10 MW	345	173	111	36	33	104,6	0,3
10– 19 MW	44	44	30	16	16	228,8	0,7
20– 39 MW	34	41	27	25	24	675,6	2,0
40– 79 MW	14	24	41	27	28	1 536,7	4,5
80–159 MW	3	25	46	51	49	5 634,0	16,5
160–319 MW	–	12	30	52	54	12 187,9	35,6
320 MW şi mai mult	–	–	2	26	32	13 843,6	40,4
Total	440	319	287	233	236	34 211,2	100,0

În anul financiar 1960–1961, sistemul CEGB cuprindea următoarele centrale : 230 centrale termoelectrice, totalizînd o putere instalată de 27 067 MW (din care 1 668 MW instalaţi în 1960 – 1961), 6 centrale nuclearoelectrice (din care una de 600 MW – Oldbury) în construcţie.

Tabela 3

Puterea instalată în centrale de sistem şi industriale

Categoria centralei	Tipul centralei	Puterea instalată în centrale, MW			
		1954	1955	1956	1957
Centrale ale sistemului	Termoelectrice	20 316	22 147	24 172	26 151
	Hidroelectrice	690	733	833	911
	Total	21 006	22 880	25 005	26 062
Centrale industriale	Termoelectrice	4 288	4 237	4 240	4 261
	Hidroelectrice	–	107	109	109
	Total	4 288	4 344	4 349	4 370
Total centrale	Termoelectrice	24 609	26 384	28 412	30 412
	Hidroelectrice	690	840	942	1 020
	Total	25 294	27 224	28 354	31 438

În 1962 au fost date în funcţiune 29 agregate cu o putere totală de 2 926 MW, cu 41 % mai mult decît în 1960–1961. Această putere este repartizată astfel :

2 095 MW în centrale termoelectrice (15 turbine);
15 MW în turbine cu gaze (o turbină);
644 MW în centrale atomice (10 turbine);
172 MW în centrale hidroelectrice (3 turbine).

Variaţia puterilor unitare ale grupurilor din centrale în ultimii ani, funcţie de puterea totală a centralelor din Anglia, este arătată în diagrama din figura 4.

Centrale termoelectrice

În prezent, 99 % din puterea produsă rezultă din centrale termoelectrice, consumînd anual 58 milioane tone cărbune şi 5 milioane tone păcură. Cărbunele va rămîne încă mulţi ani combustibilul principal al centralelor electrice în Marea Britanie, dat fiind rezervele importante de care dispune, pe de o parte, şi dificultăţile de a obţine păcură, pe de altă parte ; alt combustibil pentru centrale termoelectrice (gaze naturale) nu se găseşte în cantităţi industrializabile.

Din datele publicate de CEGB rezultă că în 1962–1963 energia produsă în centrale termoelectrice a fost de 134 030 GWh, cu un consum de combustibil de 64 280 652 t. Randamentul mediu pe ţară a fost în 1962–1963 de 27,44 %.

Datele tehnico-economice de exploatare, în perioada 1952–1963, ale centralelor care sînt exploatate de CEGB sînt arătate în tabela 5.

Rezultatele obţinute în funcţionarea cîtorva centrale mai reprezentative din Anglia în anul financiar 1962–1963 sînt redate în tabela 5.

Din analiza datelor din tabelă se observă că randamentul maxim realizat este de 34,86 % la centrala Belvedere, echipată cu grupuri de 120 MW, parametrii aburului 105 ata, 538/538°C. La mai mult de 20 centrale, randamentul depăşeşte 30–34 %.

Pînă în anul 1963, grupurile de 275 MW (centrala Blyth B reprezentau puterea unitară maximă în termocentrale. Începînd cu aprilie 1963, asistăm la un salt important în privinţa creşterii puterii grupurilor.

Astfel, încă de la sfîrşitul anului 1963, în centrala Thorpe Marsh a intrat în funcţiune un grup de 550 MW (realizat în doi ani).

În perioada 1963–1970 vor intra în funcţiune o serie de centrale noi, majoritatea cu grupuri de 500 MW, totalizînd puteri instalate pînă la 2 000 MW.

În tabela 6 sînt arătate centralele în construcţie şi în curs de proiectare, cu puterile ce se vor instala.

Este remarcabil că parametrii agregatelor acestor centrale sînt 162 ata, 565/565°C sau 538/538°C.

Numai cele două grupuri de 375 MW din centrala Drakelow C s-au construit la parametri supracritici de 248 ata şi 593/565°C, cu scopul obţinerii unei experienţe în exploatarea grupurilor mari cu parametri supracritici.

Deoarece la aceşti parametri, în special la temperaturi mai mari de 565°, sînt necesare oţeluri austenitice, foarte scumpe, în Marea Britanie, ca şi în celelalte ţări cu energetică dezvoltată, se observă o oarecare rezervă în privinţa introducerii parametrilor supracritici.

Pentru acoperirea sarcinii de vîrf, soluţia cea mai economică pentru Anglia s-a dovedit instalarea de turbine cu gaze avînd puteri unitare de 3–70 MW.

Centralele în care sînt în curs de montare generatoare antrenate de turbine cu gaze sînt redate în tabela 7.

CEGB are în proiect ca pînă în 1970 puterea de vîrf în sistem să ajungă la 58 000 MW, iar pînă în 1967 să fie de cel puţin 49 000 MW. Pentru ca să se ajungă la aceste valori, este necesar să se instaleze puteri noi, importante. Dinamica puterilor noi este arătată în tabela 8.

Este de remarcat că aportul centralelor atomice este în creştere, de la 2,5 % în 1963 la 6,5 % în 1967.

Centralele nucleare mai importante au trecut de la etapa experimentală la cea industrială şi cu grupuri din ce în ce mai mari. Astfel, de la turbogeneratoare de 35 MW se va ajunge încă din anul 1965 la centrale nucleare cu grupuri de 325 MW.

În stadiul actual, costul energiei în centralele nucleare este mult mai ridicat în raport cu preţul energiei produse în centralele convenţionale, din cauza investiţiilor mari necesare realizării centralelor nucleare.

Centrale cu abur *Tabela 4*

	U. M. engleze	Transform.		1952–1953	1957–1958	1961–1962	1962–1963
		coef. *K*	unit. măsură				
Capacitatea centralelor la sfîrşitul anului 1)							
1. Numărul centralelor cu abur	unităţi	—	unităţi	214	218	200	201
2. Puterea maximă totală	MW	—	MW	14 489	22 169	28 639	30 596
Producţia de energie electrică							
3. Energie produsă	10^6kWh	—	10^6kWh	57 158,088	86 358,357	121 936,684	134 029,533
4. Consum servicii proprii	10^6kWh	—	10^6kWh	3 438,960	5 304,891	7 367,313	8 150,613
5. Energie furnizată	10^6kWh	—	10^6kWh	53 719,128	81 053,466	114 569,371	125 878,920
6. Putere medie procentuală din puterea maximă 2)	%	—	%	44,41	43,17	47,03	48,61
Consum de combustibil							
7. Cărbune	t	—	t	32 251 433	43 656 361	52 776 221	57 734 385
8. Cocs	t	—	t	800 023	805 927	898 556	883 169
9. Petrol	t	—	t	42 878	900 596	5 329 849	5 656 377
10. Alţi combustibili lichizi	t	—	t	5 732	10 940	10 284	6 721
11. Total combustibil 3)	t	—	t	33 100 066	45 373 824	59 014 910	64 280 652
12. Putere calorifică medie a combustibilului	Btu/lb	0,55	kcal/kg	10 855	10 523	10 088	10 143
13. Putere calorifică medie a întregului combustibil	Btu/lb	0,53	kcal/kg	10 873	10 666	10 826	10 871
14. Căldura medie pe kWh furnizat	Btu/kWh	0,252	kcal/kWh	15 007	13 375	12 491	12 435
15. Randament termic mediu 4)	%	—	%	22,73	25,51	27,32	27,44
Combustibil pulverizat (cărbune)							
16. Cantitatea pulverizată	t	—	t	11 988 041	27 905 476	38 954 915	43 058 886
17. Procentaj din totalul de cărbune	%	—	%	37,17	63,91	73,80	74,58
Materiale şi manoperă pentru 1 kWh energie electrică furnizată de centralele cu abur							
18. Cost combustibil (inclusiv transport)	d/kWh	—	d/kWh	0,4367	0,5545	0,5265	0,5241
19. Manipularea combustibilului	d/kWh	—	d/kWh	0,0250	0,0253	0,0240	0,0259
20. Diverse (exclusiv combustibil şi manipulare)	d/kWh	—	d/kWh	0,0385	0,0424	0,0405	0,0402
21. Întreţinere şi reparaţii	d/kWh	—	d/kWh	0,0426	0,0422	0,0416	0,0441
22. Total (18–21)	d/kWh	—	d/kWh	0,5428	0,6644	0,6326	0,6343
Cost combustibil pe tonă							
23. Cărbune (exclusiv manipulări)	d/t	—	d/t	712,9	975,8	934,8	944,8
24. Total combustibil (exclusiv manipulări)	d/t	—	d/t	708,7	990,5	1 022,0	1 026,4
25. Manipulări combustibil 5)	d/t	—	d/t	40,6	45,2	46,8	50,8
Cost căldură (therm = 100 000 Btu)							
26. Întreg combustibil (exclusiv manipulări)	d/therm.	394	d/10^3kcal	2,910	4,146	4,215	4,215
27. Întreg combustibil (inclusiv manipulări)	d/therm.	394	d/10^3kcal	3,076	4,335	4,408	4,423
Personal de exploatare la centrală 6)							
28. Conducerea tehnică	pers.	—	pers.	3 821	4 653	5 021	5 150
29. Muncitori în exploatare	pers.	—	pers.	16 018	18 118	17 817	18 403
30. Muncitori reparaţii şi întreţinere	pers.	—	pers.	12 639	14 007	14 300	14 998
31. Total	pers.	—	pers.	32 478	36 778	37 138	38 551
Număr de funcţionari pe MW instalat							
32. Conducerea tehnică	n/MW	—	n/MW	0,28	0,22	0,18	0,17
33. Muncitori în exploatare	n/MW	—	n/MW	1,16	0,85	0,64	0,62
34. Muncitori reparaţii şi întreţinere	n/MW	—	n/MW	0,92	0,65	0,52	0,51
35. Total	n/MW	—	n/MW	2,36	1,72	1,34	1,30

NOTĂ. Cifrele sînt date în unităţi britanice. Pentru a fi transformate în unităţi europene, cifrele vor fi înmulţite cu coeficientul din col. 3

Observaţii: 1) Peste 98,2% din centralele termoelectrice din anul 1962 – 1963 au fost conduse de CEGB. În tabelă numai pentru 1961 – 1962 şi 1962 – 1963 se includ şi unele centrale mari de termoficare. 2) Puterea medie este numărul de kWh furnizate de centrală într-un an (tabelă, rîndul 5) împărţit cu numărul de ore al unui an (8 760 în 1952 – 1953; 8 760 în 1957 – 1958; 8 790 în 1961 – 1962 şi 8 760 în 1962 – 1963). „Capacitatea medie de livrare maximă" este media zilnică pentru anul întreg. 3) Exclusiv combustibilul consumat pentru producţia de abur distribuit, care în 1962 – 1963 a totalizat 368 000 t şi combustibilul pentru perioada de probe a centralelor noi. 4) Linia 15 a fost obţinută din raportul 3 412 (echivalent unui kWh în Btu) şi cifrele din linia 14. 5) Manipularea combustibilului, măcinarea cărbunelui, manevrarea cenuşii, ventilarea coşului. Cifrele conţin şi costul reparaţiilor şi întreţinerii gospodăriei de combustibil. 6) Capitolul se referă la personalul cu salarii lunare, exclusiv personalul de supraveghere, administrativ, servicii şi corpul didactic, personalul de la cantină, alte grupuri mici, care din cauza diferenţei de organizare între regiuni nu prestează muncă direct productivă. 7) Referitor la moneda engleză 1 𝔍 (pound sterling) = 20 sh (shillings; 1 sh = 12 d (pounds); 1 d = 0,00416 £.

Tabela 5

Rezultatele funcţionării cîtorva centrale în Anglia în perioada 1962—1963

Numele centralei		Putere instalată, MW	Parametrii aburului		Nr. tg×P, MW	Debit total cazane, t/h	Combustibil	Tip răcire	Puterea maximă, MW	Energia furnizată, mil. kWh	Randament termic, %
			Pres., ata	Temp., °C							
Tilbury		360	63	482	6×60	1 470	cărb. pulv. şi comb. lichid	apă de rîu	348	2 306,612	30,74
Vest Thurrook		200	160	566	1×200	586	cărb. pulv.	idem	188	201,548	27,39
Belvedere		480	60/100	482/538	2×120+ 4×60	1 800	comb. lichid mot. păcură	idem	460	2 711,173	32,97
Northfleet		720	105	538	6×120	2 250	cărb. pulv.	idem	684	3 894,864	33,47
Richborough		120	105	538/538	1×120	366	cărb. pulv.	turn	112	58,047	25,91
Portsmouth		152	16,7/40	371/454	4×33	715	cărb. grăt. lanţ.	marea	143	345,352	22,69
Uskmouth	A	360	60	482	6×60	1 880	cărb. pulv.	apă de rîu	342	1 257,056	25,38
	B	360	105	538	3×120	1 120	cărb. pulv.	idem	336	1 527,243	32,15
Drakelow (Burton)	A	244	105	570	2×62+ +2×60	2 060	cărb. pulv.	rîu+turn	228	1 465,034	29,86
	B	480	109	537	4×120	1 500	cărb. pulv.	idem	448	2 644,236	33,90
Rugeley		600	105	538	5×120	1 870	cărb. pulv.	turn	560	3 873,124	33,10
Castle Donington		627	105	565	3×106+ 3×103	2 160	cărb. pulv.	turn+rîu	591	4 438,942	32,48
High Marnham		1 000	165	565/535	5×200	3 050	cărb. pulv.	turn	940	4 472,634	33,19
Staythorpe	A	360	60	482	6×60	1 670	grăt. răst.	apă de rîu	336	1 691,68	25,45
	B	360	105	538	3×120	1 120	cărb. pulv.	rîu+turn	336	2 437,637	34,09
Willington	A	417	100	565	4×104	1 450	cărb. pulv.	idem	392	2 627,085	31,67
	B	400	160	566	2×200	1 280	cărb. pulv.	apă de rîu	376	362,717	30,43
Blyth	A	480	105	537/537	4×120	1 560	cărb. pulv.	idem	448	3 379,334	34,55
	B	275	161	555/565	1×275	825	cărb. pulv.	idem	255	—	—
Ferrybridge	A	170	16/40	343/441/ 454	1×45+ 2×42,5	1 000	grăt. lanţ şi rulant		163	548,967	21,70
	B	300	105	524/510	3×100	990	cărb. pulv.	rîu+turn	282	1 920,735	32,32
Skelton Grange	A	360	60	496	6×60	1 660	cărb. pulv.	idem	336	1 767,73	27,67
	B	480	105	538	4×120	1 560	cărb. pulv.	turn	448	2 499,753	31,98
Keadby		378	60	582	6×62	1 435	cărb. pulv.	apă de rîu	354	2 052,925	26,63

Cu toată nerentabilitatea momentană a acestor centrale, s-a continuat a se plasa comenzi pentru centrale nucleare noi, în proporţie de aproximativ una pe an.

Pînă în anul 1968 vor fi date în funcţiune centrale nucleare totalizînd 5 000 MW, iar în 1970 contribuţia centralelor nucleare va fi de 14,3 % din energia produsă în Marea Britanie.

Configuraţia hidrografică a Marii Britanii nu permite construirea de centrale hidroelectrice mari. Din această cauză, cea mai mare centrală hidroelectrică este de 320 MW (centrala cu pompaj de la Cruachan), astfel că centralele hidroelectrice nu ocupă un loc important în energetica Angliei.

Centralele electrice mai importante

Centrala High Marnham

Puterea finală a acestei centrale este de 1000 MW (5 × ×200 MW). Primul bloc de 200 MW a intrat în funcţiune în 1959. După rezolvarea unei serii de greutăţi inerente centralelor prototip, la 5 octombrie 1962 toate cele cinci grupuri au debitat în sistemul energetic 275 kV. Centrala High Marnham este prima centrală dintr-o serie proiectată pentru o putere de 1000 MW.

Turbina de 200 MW, instalată în centrala High Marnham, este de tipul cu reacţiune, în trei corpuri, avînd parametrii aburului de 165 ata şi 565/535°C.

Generatoarele debitează în sistemul de 275 kV bloc cu transformatoare de 210 MVA, 16,7/275 kV.

Cazanele de 610 t/h, la parametrii 171 ata, 570/540°C, sînt de tip La Mont, cu circulaţie forţată. Ele sînt construite cu două focare, cu un singur tambur şi un sistem comun de pompe de circulaţie. Acest cazan este cunoscut sub denumirea de cazan cu focar geamăn.

Centrala funcţionează cu cărbune superior avînd o putere calorifică de 5 000 kcal/kg. Centrala consumă circa 10 000 t cărbune pe zi. Aprovizionarea cu combustibil se face pe calea ferată.

Alimentarea sălii cazanelor cu cărbune se face prin două linii, fiecare linie fiind dimensionată pentru 1000 t/h. Buncărele de cărbune din centrală sînt dimensionate pentru 22 ore de funcţionare a centralei la sarcina nominală.

Cazanul este alimentat cu cărbune pulverizat, cu ajutorul unor arzătoare înclinate, astfel că injecţia se face tangenţial.

Alimentarea cazanelor este complet automatizată.

Zgura de la cazane este umezită, apoi evacuată într-un bazin, de unde este încărcată în vagoane cu ajutorul graifărelor şi evacuată din centrală.

Cenuşa de la filtre este transportată pneumatic în silozuri destinate acestui scop, apoi este trimisă cu cisterne la fabricile de materiale de construcţii.

În centrala High Marnham, grupurile sînt amplasate longitudinal în sala maşinilor, ceea ce conduce la o micşorare a deschiderii podului rulant. Este remarcabil că fiecare bloc are cameră de comandă termică şi supraveghere proprie. Camerele de comandă sînt amplasate între cazanul şi turbina respectivă. Centrala are în plus o cameră de comandă principală, amplasată în partea de sud-est a sălii maşinilor.

Personalul de exploatare este foarte redus.

Există numai cîte o persoană de control în sala maşinilor, sala cazanelor şi pentru echipamentul auxiliar. Conducerea blocului se face centralizat din camera de control termic.

Randamentul net al centralei este de 35,5 %, iar consumul specific de căldură al ciclului termic este de 1 970 kcal/kWh.

Centrala West Burton

Centrala este amplasată în apropierea minelor East Midland. CEGB a comandat pentru această centrală patru grupuri de 500 MW şi cazanele respective. Capacitatea fiecărui cazan este prevăzută a fi de 1 560 t/h, la parametrii 176 ata, 568/568°C.

Puterea instalată finală a centralei va fi de 2 000 MW.

Grupul de 500 MW este construit pe un singur ax în cinci corpuri, cu şase fluxuri pe partea de joasă presiune.

Turbina evacuează aburul într-un singur condensator, cu o suprafaţă de 27 800 m². Presiunea de evacuare este de 0,04 ata.

Tabela 6

Centrale electrice în construcție sau în fază de proiectare în mai 1964

Denumirea centralei	Raionul sau regiunea	Puterea instalată finală, MW	Numărul de grupuri și putere unitară	Combustibilul	Anul intrării în funcțiune	Firma contractantă a cazanului și turbinei
Trawsfynydd	N. Western	500	4×145	N	1964	Richardsons Westgarth International Combustion
Drakelow „C”	W. Midlands	1 450	2×350 2×375	C	1964	English Electric,AEI J. Thompson Babcock&Wilcox Intern. Comb.
Hinkley Point „A”	Western	500	6×93,5	N	1964	English Electric
Dungeness „A”	S. Thames	550	3×33 4×142,5	N	1964	Babcock & Wilcox AEI CA Parsons, J. Thompson Clarke Chapman
West Burton „A”	E. Midlands	2 000	4×500	C	1965	English Electric International Combustion
Sizewell „A”	N. Thames	580	2×325	N	1965	English Electric, Babcock & Wilcox
Ferrybridge „C”	Yorkshire	2 000	4×500	C	1965	C A Parsons, Babcock & Wilcox
Tilbury „B”	N. Thames	1 400	4×350	C	1965	GEC, Foster Wheeler, John Brown
Methil	S.S.E.B.	60	2×30	C	1965	English Electric, Babcock & Wilcox
Eggborough	Yorkshire	2 000	4×500	C	1966	AEI, Foster Wheeler, John Brown
Cockenzie	SSEB	1 200	4×300	C	1966	English Electric, Babcock & Wilcox, Yarrow
Cruachan	NSHEB	400	4×100	HP_0	1966	AEI, English Electric
Oldbury „A”	Western	560	2×287	N	1966	AEI, CA Parsons, J. Thompson Clarke Chapman
Abertaw „B”	South Wales	1 500	3×500	C	1967	AEI, Foster Wheeler, John Brown
Fawley	Southern	2 000	4×500	P	1967	C. A. Parsons, J. Thompson, Clark Chapman
Ironbridge „B”	W. Midlands	1 000	2×500	C	1967	AEI, Foster Wheeler, John Brown
Fiddler's Ferry	N. Western	2 000	4×500	C	1967	English Electric International Combustion
Ratcliffe	E. Midlands	2 000	4×500	C	1967	C. A. Parsons, Babcock & Wilcox
Kingsnorth	S. Thames	2 000	4×500	C×P	1967	GEC, International Comb., Simon Carves
Cottam	E. Midlands	2 000	4×500	C	1967	English Electric, John Thompson Clarke Chapman
Wylfa	N. Western	1 180	4×333,6	N	1968	English Electric, Babcock &Wilcox
Longannet	S.S.E.B.	2 400	4×600	C	1969	John Brown, Foster Wheeler
West Pennar	South Wales	2 000	4×500	P	1969	John Thompson, Clarke Chapman
Centrale hidroelectrice în extindere						
Laidon	NSHEB	5	—	H	—	—
Fada-Fionn	NSHEB	51	—	H		
Loch a'Bhraoin	NSHEB	14		H		
Nevis	NSHEB	28		H		
Plan de perspectivă al CEGB						
Drax	Yorkshire	3 000		C		
Didcot	Southern	2 000		C		
Rugeley „B”	W. Midlands	1 000		C		

Prescurtări:
SSEB South of Scotland Electricity Board
NSHEB North of Scotland Hydro-Electric Board
N centrale atomoelectrice (cu combustibil nuclear)
C combustibil cărbune
P combustibil păcură
H centrale hidroelectrice
$H.P_0$ centrale hidroelectrice cu stație de pompare

Generatorul turbinei este de 500 MW, tensiunea la borne 22 kV, iar factorul de putere 0,85. Răcirea generatorului se face cu hidrogen la o presiune de 4,92 ats.

Costul grupului se evaluează la 14 mil. lire sterline.

Pentru acoperirea necesarului la vîrf de sarcină, se vor monta patru turbine cu gaze de cîte 17,5 MW, alimentate de cîte două generatoare de gaze tip „Avon”. Turbinele cu gaze pot fi pornite și încărcate la puterea nominală în 2 min. Ele pornesc automat la scăderea frecvenței sistemului cu o anumită valoare. Turbogrupurile cu gaze servesc și ca grupuri de casă.

Centrala West Burton este foarte asemănătoare cu centrala Eggborough, care va avea o putere instalată de 2 000 MW (4 × 500 MW la aceiași parametri ai aburului).

Pînă în anul 1968, în Anglia vor fi construite 11 centrale avînd puterea instalată a centralei West Burton.

Centrala Thorpe Marsh (lîngă Doncaster)

Este proiectată pentru o putere totală de 1 100 MW, două blocuri de 550 MW.

Parametrii aburului la intrarea în turbină sînt 162 ata și 565/565°C. Debitul de abur consumat de turbină este de 1 640 t/h.

Primul grup a fost dat în exploatare în 1963.

Centrala Thorpe Marsh cuprinde cele mai mari grupuri instalate pînă acum în Anglia. Turbinele de 550 MW se execută pe două axe, ambele avînd aceeași putere (275 MW) și aceeași turație (3 000 rot/min).

Tabela 7

Centrale cu turbogeneratoare cu gaze mai importante

Nr. crt.	Denumirea centralei	Numărul şi puterea grupurilor	Puterea instalată	Anul intrării în funcţiune
1	Croydon B	2 × 70	140	1964
2	Earley (lîngă Reading)	2 × 56	112	1964
3	Hastings	2 × 55	110	1965
4	Lister Drive (Liverpool)	2 × 56	112	1964
5	Norwich	2 × 55	110	1965
6	Rye House	2 × 70	140	1964

Tabela 8

Creşterea puterii instalate în perioada 1963—1967

Anul	Puterea maximă, MW	Creşterea anuală, MW			Aportul centralelor nucleare, %
		centrale convenţionale	centrale nucleare	total	
1963	33 533	1 595	250	1 845	2,5
1964	37 292	1 936	525	2 461	5,0
1965	40 479	1 856	565	2 421	6,0
1966	44 517	3 964	565	4 529	6,7
1867	49 101	5 720	280	6 000	6,5

Tabela 9

Centrale nucleare în construcţie în Anglia în 1963—1966

Denumirea centralei	Numărul reactoarelor	Numărul şi puterea grupurilor	Puterea instalată, MW	Sursa apei de răcire	Anul intrării în funcţiune
Hinkley Point A	2	6×93,5 3×33	650	marea	1964
Dungeness A	2	4×142,5	570	marea	1964
Trawsfynydd	2	4×145	580	lacul	1964
Sizewell A	2	2×325	650	marea	1965
Oldbury A	2	2×287	574	rîul	1966

Tabela 10

Evoluţia puterilor unitare şi ritmul de dezvoltare a fabricaţiei de turbine în Anglia în perioada 1948—1964

Puterea	Parametrii abur viu		Supraîncălzire intermediară, °C	Anul primei realizări
	presiunea, ata	temperatura, °C		
30	43	454	—	1948
60	64	482	—	1950
100	106	566	—	1955
100	106	525	510	1956
120	106	535	535	1957
200	166	565	535	1959
275	162	565	565	1962
550 1)	162	565	565	1963
350	162	565	565	1964
500	162	565	565	1964
375 2)	247	593	565	1965

1) Pe două linii de arbori.
2) Cu parametri supracritici.

Generatorul de 275 MW a fost realizat din generatorul de 200 MW, cu înfăşurările statorului răcite cu apă, iar rotorul răcit cu hidrogen. Gabaritul generatorului de 200 MW a fost păstrat.

Centrala Thorpe Marsh are un consum specific net de căldură de 2 220 kcal/kWh.

Caracteristicile utilajului principal

1. Cazane

În Anglia, tipul cel mai obişnuit de cazan este cel cu circulaţie naturală. Motivul pentru care este preferat altor tipuri constă în faptul că instalaţia de preparare a apei, pompele de alimentare, sistemul de demaraj sînt mult mai simple şi mai ieftine.

Cazanele cu circulaţie directă nu au găsit o utilizare largă în construcţia de cazane. Primul agregat construit după schema Benson a fost instalat în uzinele metalurgice din Morgan. El este construit pentru un debit de 110 t/h.

Se folosesc cazane cu tiraj forţat şi foarte rar, cu titlu experimental, cazane cu focar sub presiune.

Experienţa cu acest din urmă tip este destul de limitată. Se pun la îndoială avantajele economice care s-ar obţine cu aceste cazane.

Cazanele cu tiraj forţat sînt prevăzute cu cîte două ventilatoare de aspiraţie, prevăzute cu motoare electrice cu două viteze şi palete reglabile în timpul funcţionării.

Cele mai importante firme producătoare de cazane — Babcock & Wilcox şi International Combustion Co — construiesc aceste agregate pentru toate tipurile de turbină care se fabrică în Anglia, cu care funcţionează de obicei în schemă-bloc.

Construcţia unităţilor mai mari de cazane a început cu cel destinat grupului de 100 MW, urmînd cel pentru grupul de 120 MW.

Construirea cazanului de 1 700 t/h pentru grupul de 550 MW a pus multe probleme noi firmelor constructoare. Prin rezolvarea acestor probleme s-a făcut un salt important în tehnica construcţiei de cazane din Anglia. Acest cazan funcţionează la 162 ata, 565/565°C, combustibil fiind cărbunele.

Cazanele pentru grupurile de 500 MW sînt de tip radiant, cu circulaţie naturală, cu un singur tambur. Acest tip de cazan este prevăzut cu 20 de arzătoare circulare, plasate în peretele frontal.

2. Turbine cu abur

Deşi există o veche tradiţie în fabricarea turbinelor în Anglia (în 1884 Charles Parsons a realizat prima turbină cu reacţie din lume), pînă în anul 1950 s-au construit turbine de puteri unitare mici şi la parametri scăzuţi. După această dată s-a remarcat o dezvoltare rapidă a construcţiei de turbine. Pentru a realiza un punct de vedere unitar al fabricilor constructoare, au fost standardizaţi principalii parametri şi scara puterilor unitare. Imediat după război, industria s-a limitat la fabricarea de turbine pînă la 30 MW cu parametri scăzuţi şi cîteva turbine de 60 MW la 106 ata, 565°C, cu scopul de a se cîştiga experienţă.

Prevederile acestui standard au fost repede depăşite, atît ca puteri unitare cît şi ca parametri, ajungîndu-se la turbina de 500 MW pe un singur ax sau 550 MW pe două axe. Tabela 10 ne dă o imagine a ritmului creşterii puterilor unitare

În perioada 1955—1960, CEGB a comandat 33 de agregate de 200, 275, 300, 325, 350 şi 375 MW.

În prezent a lansat comenzi pentru alte 32 de agregate de 500 MW pe o singură linie de arbori, a căror tehnologie de fabricare şi montaj este în prezent pusă la punct.

Se studiază realizarea agregatelor de 750—1000 MW pe o linie de arbori şi a agregatelor de 1 500 MW pe două linii.

În general, constructorii englezi se axează pe principiul realizării de turbine pe o singură linie de arbori la turaţia de 3 000 rot/min. Potrivit calculelor tehnico-economice, această soluţie conduce la economie de material şi spaţiu.

3. Turbine cu gaze

Deoarece sursele hidroenergetice din Anglia sînt reduse, necesarul de putere la vîrf de sarcină este acoperit de centrale cu turbine cu gaze (CTG).

Calculele economice au arătat că, în condiţiile preţurilor din Anglia, investiţia în CTG se ridică la 20 lire sterline pe kW instalat. Indicele de cost este de 35 £/kW pentru centrale termoelectrice cu grupuri cu condensaţie şi 110 £/kW pentru centrale nucleare.

Apare economic să se construiască centrale nuclearoelectrice pentru o durată de utilizare peste 7 000 ore pe an, centrale termoelectrice pentru o durată de 700—7 000 ore pe an, centrale cu turbine cu gaze (CTG) pentru o durată de utilizare sub 700 ore pe an.

Durata scurtă de utilizare a CTG şi necesitatea unui preţ de cost cît mai redus au condus la utilizarea de instalaţii de turbine cu gaze (ITG) de tip uşor, derivate din turboreactoare; motorul turboreactor se foloseşte ca ,,generator de gaze" de ardere. Gazele rezultate se destind apoi în turbină, care antrenează generatorul electric.

Aceste instalaţii au pornirea foarte rapidă (2,5 min pentru o turbină de 17,5 MW şi 5 min pentru o turbină de 50 MW). Ele pot fi total automatizate şi telecomandate. Se foloseşte combustibil uşor (gaze naturale, motorină, petrol lampant). Din cauza temperaturii foarte ridicate a gazelor (850—900°C) şi a construcţiei uşoare, generatorul de gaze are o durată scurtă de utilizare. Înlocuirea generatorului de gaze se face uşor, de către doi oameni în cursul unui schimb.

4. *Generatoare*

Evoluţia generatoarelor marchează o linie paralelă cu evoluţia turbinelor şi cazanelor, cu care sînt în dependenţă directă. În ultimii 15 ani, puterile unitare au crescut cu mai mult de 15 ori. Astfel, în 1948, turbogeneratoarele cu putere unitară maximă erau de 30 MW, în 1964 puterea pe unitate este de 500 MW. Această creştere a pus o serie de probleme constructive deosebite.

Generatoarele moderne ocupă un spaţiu relativ redus şi au indicii tehnico-economici ridicaţi, deoarece, printre alte perfecţionări, răcirea şi ventilarea sînt studiate cu grijă.

Diferenţa de temperatură între conductorii statorului şi agentul de răcire este de 80°C, iar în rotor diferenţa de temperatură este de 90°C. Instalaţia de răcire poate avea temperatura maximă de 40°C, astfel că izolaţia de clasă B din rotorul generatorului să nu fie supusă la o temperatură mai mare de 130°C.

Dezvoltarea sistemului energetic

Pînă în anul 1925 în Anglia nu exista o concepţie unitară în ce priveşte producerea şi distribuirea energiei electrice. În această perioadă erau 368 reţele independente, din care 288 aveau generatoare de 50 Hz, iar restul aveau frecvenţe diferite, între 24 şi 100 Hz.

Staţiile de transformare erau alimentate la 35 kV, iar tensiunea maximă de transport de 66 kV.

În 1930 a luat fiinţă primul sistem energetic naţional, de 132 kV, cunoscut sub denumirea de ,,Grid".

După naţionalizarea instalaţiilor energetice, CEGB a reuşit să impună industriei constructoare de maşini un program de construcţie a grupurilor electrogene, omogene, bazat pe un nivel tehnic foarte ridicat, cu realizarea unei serii mari de grupuri de acelaşi tip şi cu atacarea soluţiilor noi, numai după verificarea în exploatare a tuturor elementelor esenţiale.

În 1950 s-a hotărît înfiinţarea unei reţele de transport noi, la 275/300 kV, denumită ,,Supergrid 1", însă după 12 ani (în 1962) a fost necesară introducerea tensiunii de 400 kV, deoarece, la puterile vehiculate, reţeaua de 275 kV avea tendinţa să devină neeconomic de densă.

Cererea de putere pe unitatea de suprafaţă a Angliei este foarte mare; 65 kW/km², faţă de 11,6 kW/km² în S.U.A.

Sistemul energetic de 132 kV

Liniile de 132 kV au fost la început independente, ceea ce reprezintă desigur o soluţie neeconomică pentru energetica naţională. În 1938 dispecerii energeticii din Londra au interconectat toate liniile de 132 kV cu succes. La începutul celui de-al doilea război mondial, Anglia avea cel mai puternic sistem energetic cu comandă centralizată din lume.

Din anul 1948 au fost construite numeroase staţii de transformare ,,agăţate" pe liniile de transport, ceea ce a îmbunătăţit mult distribuţia energiei la consumatori. Acest lucru nu a fost posibil înainte de naţionalizare, deoarece societăţile particulare plăteau impozit proporţional cu numărul posturilor de alimentare şi din această cauză acestea erau foarte rare.

Astăzi, fiecare centrală de alimentare a sistemului dispune de o anumită putere maximă, care poate fi asigurată cu toate grupurile mai puţin unul, care este considerat în avarie sau revizie. Această valoare se ia în considerare la proiectarea reţelei.

Ca urmare a înfiinţării CEGB, reţeaua de 132 kV s-a extins de la 7 850 km în 1951 la 13 700 km în 1960 şi 15 900 km în 1963, din care 786 km în cablu.

Din investiţiile pentru extinderea reţelei de înaltă tensiune în anul financiar 1962—1963, CEGB a alocat 56,7 mil. lire sterline, ceea ce reprezintă o creştere de 38% faţă de investiţiile anului precedent. Planul de perspectivă prevede o investiţie de 96 milioane în 1963—1964 şi cîte 135—140 milioane lire sterline pentru fiecare an, pînă în 1968—1969.

Staţiile de transformare sînt tipizate, în schemă H, cu trei întreruptoare. Staţia ocupă o suprafaţă de 100 × 55 m² şi este dimensionată pentru o sarcină de 100 MW. Transformatoarele au fost la început de 30 MVA, apoi au fost înlocuite cu altele de 60 MVA şi în fine cu altele de 90 MVA putere pe unitate.

Puterea de scurtcircuit a reţelelor a fost limitată la 250 MVA în reţeaua de 11 kV şi 750 MVA în reţeaua de 35 kV, iar în reţeaua de 132 kV la 7 500 MVA.

Sistemul energetic de 275 kV (Supergrid 1)

Pe baza hotărîrii Comisiei centrale de electrificare (British Electricity Authority) din 1950, s-a trecut la realizarea unui sistem de 275/300 kV, deoarece sarcina de 120 MVA pe circuit era prea mare şi se impuneau conductoare de peste 215 mm².

La acea dată, tensiunea de 275 kV a rezultat ca cea mai economică. Eficacitatea economică a transportului la acea tensiune se vede şi din dezvoltarea acestei reţele. ,,Supergrid"-ul a intrat în exploatare la 15 iulie 1953.

În 1953—1954 erau construiţi 259 km circuit cu o putere în transformatoare de 240 MVA. În 1959—1960 erau în exploatare 3 860 km circuit cu o putere în transformatoare de 7 920 MVA. În 1962—1963, Supergrid 1 avea 5 695 km circuit şi o putere totală în transformatoare de 18 530 MVA.

Sistemul de 400 kV (Supergrid 2)

Planificarea sistemului ,,grid" a avut în vedere un transport de putere plafon, de 30 000 MW, care trebuie atinsă în intervalul 1965—1975.

Ritmul creşterii consumului a fost însă atît de mare, încît acest nivel a fost atins în 1962—1963. Aceasta a impus studierea unui nou nivel de tensiune, pentru 70 000 MW. Astfel a luat naştere sistemul de 400 kV, denumit Supergrid 2.

Reţeaua de 400 kV va fi realizată parte din linii noi, parte din convertirea unor linii de 275 kV la 400 kV. Pentru început, CEGB a luat măsuri ca 875 km de linie de 275 kV să fie reechipaţi pentru 400 kV, iar centralele Kingsworth şi Yronbridge, ambele de 1000 MW, să fie racordate la această reţea.

În 1963 a început construirea a 350 km linii noi de 400 kV.

Staţiile tip de 400 kV sînt cu dublu sistem de bare cu celule avînd trei sau patru întreruptoare în total. Se prevede de la început dacă staţiile se vor extinde sau nu. Celulele şi aparatele sînt tipizate la maximum, astfel că o staţie proiectată se refoloseşte integral.

În caz de extindere neprevăzută a unei staţii, se preferă construirea unei a doua staţii, vecină, decît să se facă amenajări la staţia existentă.

Din planul de perspectivă pînă în anul 1967 se prevăd importante extinderi în special în reţeaua de 400 kV, unde se va ajunge la 3 070 km linie şi o putere în transformatoare de 55 275 MVA.

Studii şi cercetări, plan de perspectivă

Paralel cu exploatarea şi lucrările noi, în Anglia se fac cheltuieli ce depăşesc 6 milioane lire sterline anual pentru cercetări, studii şi culegere de date statistice, pentru a da utilizare optimă resurselor energetice. Soluţiile nou găsite sînt experimentate pe scară mică la început şi numai după aceea se generalizează.

Astfel, pentru a studia problema transportului hidraulic al cărbunelui de la mină pînă la centrală, s-a construit o conductă de 670 m experimental, la centrala Marchwood, unde se experimentează şi un turbogrup cu ciclu combinat gaz-abur.

Chiar o privire succintă asupra evoluţiei energeticii în Anglia între cele două războaie mondiale şi mai ales ritmul creşterii după naţionalizarea mijloacelor de producţie a energiei plasează Anglia printre ţările cu cea mai dezvoltată energetică din lume.

DOCUMENTARE

Energetică generală

* * * **Producerea de energie electrică prin aplicarea procedeului magnetohidrodinamic.** Bulletin de la Société Française des Électriciens *8*, Tom V, 1964, nr. 49, p. 3–72.

Se tratează diverse aspecte ale procedeului magnetohidrodinamic de producere a energiei electrice, pe cuprinsul a nouă articole, după cum urmează :

1. Magnien, M. M. **Producerea energiei electrice pe cale magnetohidrodinamică**, p. 3–4.

Se arată stadiul realizărilor şi se indică, pe baza analizei făcute, perspectiva dezvoltării şi aplicării în centrale a acestui procedeu de producere a energiei electrice.

2. Ricateau, M. P. **Mediu ionizant în convertizorul magnetohidrodinamic**, p. 5–12.

După încadrarea problemei se arată care este calea teoretică şi practică a legăturii dintre ionizare şi echilibrul termodinamic, dîndu-se diverse exemple practice.

După studiul simplificat al mişcării electronilor în cîmp, se arată că există două posibilităţi de folosire a gazelor într-un generator magnetohidrodinamic cu funcţionare în circuit închis şi deschis.

3. Fabre, M. J. **Procesele de conversiune magnetohidrodinamică**, p. 12 – 16.

Se arată principiul de conversiune a procedeului magnetohidrodinamic. Condiţiile de aplicare a legii lui Ohm în mediu gazos uşor ionizat. Se indică premisele teoretice de funcţionare a generatoarelor magnetohidrodinamice în curent continuu. Se analizează funcţionarea practică şi se dau caracteristicile generatoarelor cu cîmp electric transversal ($Ex = 0$), ale celor cu cîmp electric longitudinal ($Ey = 0$) şi ale generatoarelor cu curent transversal.

4. Klein, M. G. **Cîmpul magnetic în generatoarele magnetohidrodinamice**, p. 17–29.

Formularea problemei se face specificîndu-se importanţa cîmpului magnetic în funcţionarea generatoarelor şi în bilanţul lui economic. Autorul se limitează la cazul unui cîmp magnetic continuu şi examinează influenţa cîmpului asupra dimensiunii generatoarelor. Se trec în revistă diverse tipuri de conductoare utilizate, de la cupru la temperatura mediului ambiant pînă la supraconductoare la 4°K.

5. Le Bouc, M. F. **Sursele de căldură de înaltă temperatură în generatoarele cu ciclu deschis**, p. 23–27.

Este posibil de obţinut temperaturi uzuale în conversiunea magnetohidrodinamică prin arderea combustibilului clasic. La temperatură ridicată, disociaţia joacă un rol primordial şi limitează temperatura maximă. Se trec în revistă parametrii principali, care permit menţinerea temperaturii ridicate, şi se recomandă îmbogăţirea carburanţilor în oxigen, precedată de o preîncălzire. Se fac calculele pentru unele situaţii practice, realizîndu-se o serie de confruntări experimentale.

6. Dubois, M. A. **Materiale pentru temperatura înaltă din generatoarele magnetohidrodinamice în circuit deschis**, p. 32–38.

Studiul materialelor se face ţinînd seamă de durata exploatării şi de rentabilitatea generatoarelor magnetohidrodinamice.

Problema materialelor ce se folosesc în realizarea generatoarelor este principalul obstacol în dezvoltarea procesului de conversiune. Datorită unui oarecare progres realizat în ultimul timp, există speranţa să se treacă la realizarea aparatelor de putere industrială.

Articolul prezintă principalele tendinţe în folosirea materialelor, astfel încît să înlesnească inginerilor să proiecteze şi să realizeze un generator magnetohidrodinamic în ciclu deschis. Se studiază materialul izolant necesar construcţiei unui generator din punctul de vedere al rezistenţei la temperatură, al rezistenţei la coroziune şi eroziune şi al rezistenţei electrice şi mecanice. Se studiază apoi electrozii : tipul lor, materialul din care se confecţionează şi se indică performanţele pe scară mondială.

7. Ricateau, M. P., **Generatorul magnetohidrodinamic în ciclu închis**, p. 39 – 45.

Ciclul închis cu argon sau heliu este indicat a fi folosit în asemenea tipuri de generatoare. Se descrie sumar mecanismul ionizării, indicîndu-se condiţiile prezumtive de funcţionare a generatoarelor magnetohidrodinamice cu ciclu închis.

8. Poncelet, M. J. **Cercetări experimentale privind procedeul magnetohidrodinamic**, p. 46–56.

După formularea premiselor teoretice de funcţionare a generatoarelor se arată studiile experimentale întreprinse în străinătate şi în Franţa pe probleme, şi anume :

1. Din punctul de vedere al sursei de energie pentru producerea căldurii, se remarcă două categorii de instalaţii : cele care folosesc energia electrică ca mijloc de încălzire a gazului şi cele care folosesc combustibilul ca sursă de încălzire. În ultimul caz, combustibilul poate fi gazos (propan, hidrogen, oxigen) sau lichid.

2. Studii privind selectarea electrozilor : materialul recomandat, posibilitatea de realizare a cîmpului magnetic etc.

Se ridică apoi încercările practice şi teoretice şi caracteristicile diferitelor tipuri de generatoare magnetohidrodinamice realizate sau în curs de proiectare de către diverse firme de pe glob.

9. Péricart, M. I. **Structura unei centrale cu generatoare MHD**, p. 57 – 66.

Se prezintă un proiect ce urmează a se realiza sub forma unei centrale termoelectrice de 750 MW, în care se va monta şi un generator magnetohidrodinamic în ciclu deschis sau închis.

Se prezintă apoi caracteristicile acestui tip de generator MHD, reprezentînd în diagramă detenta şi se analizează ciclul ideal de funcţionare.

Se dau două scheme de funcţionare a unui generator MHD în circuit închis şi deschis, indicîndu-se puterea utilă în jurul valorii de 470 MW.

Discuţiile purtate scot în evidenţă valoarea materialului publicat şi jalonează perspectivele de dezvoltare a noului procedeu de producere a energiei electrice, indicîndu-se aspectele practice de introducere a generatoarelor MHD de mare putere în structura sistemelor energetice.

a. c.

Electroenergetică

Dalmasso, A. **Cabluri izolate din aluminiu, în echiparea reţelelor aeriene de joasă tensiune.** Revue de l'Aluminium, nr. 312, sept. 1963.

Cablurile izolate din aluminiu, suspendate pe faţadele clădirilor, s-au folosit pentru prima oară în 1956, în oraşul Carvin (Franţa), pentru a înlocui reţeaua aeriană din conductoare de cupru neizolate, de 38 mm², devenită insuficientă, prin conductoare de aluminiu de 60 mm² izolate, dispuse unul lîngă altul, reducîndu-se prin aceasta căderea de tensiune inductivă. Branşamentele din aceste cabluri s-au executat cu conductoare de cupru, cu secţiuni de la 5 la 14 mm², prin intermediul unor piese de racord din cupru, izolaţia locului de derivaţie fiind reconstituită prin vulcanizarea unor panglici din butil şi din neopren. Ulterior s-a trecut la utilizarea unor cabluri aeriene trifazate preasamblate, pentru echiparea reţelelor de joasă tensiune, alcătuite dintr-un conductor de nul portant, din oţel – aluminiu, în jurul căruia se înfășoară conductoarele de fază, din aluminiu izolat. Conductorul neutru (nulul) se suspendă pe izolatoare, tot pe fațadele clădirilor, la deschideri mai mari decît în cazul descris mai sus, în care cablurile trebuie fixate la fiecare 40 sau 50 cm. Totodată branșamentele se iau, în modul arătat, de la conductoarele de fază și în derivație obișnuită, de pe conductoarele de nul. Acolo unde lipsesc fațadele, conductorul de nul portant se montează, prin intermediul izolatoarelor, pe stîlpi.

Articolul se ocupă de posibilitățile, din punct de vedere economic și al rezistenței mecanice, de înlocuire, pe aceiași suporți, a unor linii aeriene de joasă tensiune, ajunse la limita capacității de distribuție, prin cabluri aeriene preasamblate de secțiune mai mare, sau cu un cablu echivalent și cu o linie de medie tensiune.

v. r.

Vitanov, A. B. **Asupra teoriei și aplicației componentelor sistemului trifazat.** Elektricestvo nr. 6 1964, p. 77 – 84.

Se examinează relațiile între diferite sisteme de componente, pornind de la sistemul trifazat. Pentru ca matricea reprezentînd un sistem de impedanță să fie transformabilă la o formă diagonală trebuie ca matricea respectivă să posede o simetrie ciclică, iar matricele de transformare trebuie să satisfacă condiția de coerență a lui Calvaer și condiția de realizabilitate (să aibă toți termenii pozitivi reali). Autorul dă forma matricelor de transformare m și n pentru cazul receptoarelor statice și mașinilor rotative și din acestea se pot deduce pentru anumite particularizări ale vectorilor diferitele sisteme de componențe cunoscute azi (componente : α, β, ; 0; Kimbark, Edelmann etc.).

În continuare se tratează problema schemelor echivalente pentru diferite tipuri de defecte nesimetrice, indicîndu-se modul de legătură a secvențelor pentru diverse tipuri de condiții terminale. Realizarea conexiunilor între diferite scheme impune introducerea unor transformatoare ideale cu raport real sau complex. De asemenea, în schemele uzuale apar transformatoare de putere. Se indică matricele de transformare a acestor transformatoare. Concluziile articolului sînt următoarele : 1) Componentele simetrice implică introducerea unor transformatoare ideale cu raport complex, care sînt dificil de realizat practic. 2) Componentele reale nu diagonalizează matricea impedanțelor rețelei decît în cazul $Z_1 = Z_2$, dar și în cazul în care apar cuplaje mutuale între secvențe; avantajul acestor componente rezidă în faptul că se utilizează transformatoare ideale cu raport real. 3) Introducerea acestor componente nu împiedică să se țină seamă de existența transformatoarelor de putere și de efectele rezultate datorită diferitelor grupe de conexiuni a acestora.

a.r.

Termoenergetică

Schwartz, Th. **Grupuri cu condensație pentru acoperirea vîrfurilor de sarcină.** Siemens-Zeitschrift, 1964, nr. 1, p. 43—51 și nr. 2, p. 88—96.

În ultima vreme s-a accentuat cererea pentru grupuri turbogeneratoare construite special pentru acoperirea vîrfurilor de sarcină, unul dintre motivele principale pentru această cerere fiind tendința de a încărca complet grupurile de bază, foarte economice. Deși se practică în mod curent acoperirea vîrfurilor chiar cu grupurile de bază, utilizarea acestora va fi mai mică cu cît crește vîrful ca valoare absolută. Se creează, deci, posibilitatea ca acoperirea vîrfurilor, cu durate relativ reduse, să se facă cu instalații ceva mai puțin economice, dar mai ieftine ca blocurile de bază. Ca agregate speciale de vîrf sînt de luat în considerare unitățile hidroelectrice cu acumulare prin pompare, care au și avantajul unei porniri foarte rapide (1—2 min).

Contrar celor susținute pînă de curînd, și unitățile cu abur pot fi pornite și încărcate rapid, astfel încît să poată fi folosite singure sau împreună cu centrale cu pompare, pentru acoperirea vîrfurilor de sarcină. Astfel de instalații cu abur dimensionate special pentru funcționarea la vîrf au un consum specific de căldură mai coborît ca centralele cu pompare, lucrînd cu centralele termoelectrice obișnuite sau cu grupuri de turbine cu gaze. Față de turbinele cu gaze, mai apare și avantajul că se poate folosi drept combustibil păcura.

Din analiza curbelor de sarcină a reieșit că durata de utilizare a puterilor de vîrf este de 500—1 000 h/an, vîrful dezvoltîndu-se în general pînă la valoarea maximă în 30—60 min. Agregate de 100—200 MW ar trebuie să aibă viteze de încărcare de 2—7 MW/min, putînd apărea o cerere momentană și cu o viteză de 20 MW/min. Procesele de pornire și încărcare urmează a avea o frecvență de 500—600 ori/an. Duratele de oprire vor fi de 6—8 ore ziua și 10—12 ore noaptea; la finele săptămînii trebuie contat pe timpi de oprire de 34—58 ore.

Țiînd seamă de condițiile speciale de funcționare, care impun automatizarea completă a pornirilor, încărcărilor și opririlor, apare rațională alegerea unei scheme termice mai simple, prevăzută numai cu trei prize regenerative pentru preîncălzirea apei de alimentare. Parametrii aburului pot varia de la 70 at, 465°C la 110 at, 525°C înaintea turbinei, valorile mai mari referindu-se la grupurile cu puteri mai mari. Constructiv, turbina va fi cu unul sau două corpuri, iar adoptarea fluxului simplu sau dublu la partea de joasă presiune depinde de temperatura apei de răcire.

De asemenea, pentru a simplifica construcția, nu se prevede supraîncălzirea intermediară, umiditatea finală limitîndu-se la 13 %, deși în cursul pornirilor se va ajunge la umidități de 22 %.

Cazanele pentru astfel de unități pot fi cazane cu circulație naturală sau cazane cu străbatere forțată. Acestea din urmă, avînd grosimi ale pereților țevilor mai mici (din cauza vitezelor de circulație mai mari și deci a diametrelor mai mici), sînt mai puțin sensibile la variații bruște ale temperaturii. În ceea ce privește temperatura gazelor de ardere evacuate din cazan, se consideră că la durate mici de utilizare, de ordinul 700 h/an, se pot adopta temperaturi de 180—300°C.

Instalația agregatului va prezenta și ea unele particularități. Astfel, amplasînd condensatorul, compus din două jumătăți, în dreapta și în stînga părții de joasă presiune a turbinei, va fi suficientă o înălțime a sălii condensatorului de 4,25 m. Automatizarea completă a pornirilor și opririlor avantajează de asemenea amplasarea grupului în aer liber.

De un interes deosebit sînt posibilitățile de scurtare a operațiilor de pornire, favorizate de reglajul prin laminare cu care este prevăzut grupul și de posibilitatea funcționării în regim cu presiune alunecătoare. Astfel, după oprirea de la sfîrșitul săptămînii, grupul este pornit și încărcat în circa 7 min. O pornire de la rece pînă la plină sarcină durează circa 25 min. În cazan, procesul de la aprindere pînă la atingerea debitului nominal durează 17 min, după opriri de sfîrșit de săptămînă și 15 min după opririle zilnice. Se poate considera că în funcționare normală, pornirea și încărcarea unui grup pentru sarcini de vîrf durează aproximativ la fel ca pentru un grup de turbină cu gaze.

a.m.

Bollmann, H. și Schmidt, R. **Automatica de grupe de funcțiuni — un sistem din elemente, pentru automatizarea centralelor termoelectrice.** Siemens Zeitschrift, 1964, nr. 2, p. 67—73.

Problema principală a dezvoltării automatizării centralelor termoelectrice constă în elaborarea concepției de bază și realizarea sarcinilor care decurg pentru comanda automată, precum și pentru reglajul și prelucrarea datelor măsurate. A fost dezvoltată, în baza acestor idei, automatica de grupe de funcțiuni sistem Siemens, care rezolvă sarcinile comenzilor automate în centralele termoelectrice.

Ca grup de funcțiuni se definește o parte din instalație delimitată pe bază de considerente tehnologice, ca, de exemplu, morile de cărbuni sau grupele de alimentare din centrală. Fiecare grup de funcțiuni cuprins în sistemul de automatizare complexă este înzestrat cu o automatizare proprie. Rezultă, deci, grupe independente lucrînd în paralel și nelegate între ele, a căror funcționare poate fi ușor supravegheată.

Un grup de funcțiuni se divide în subgrupe, care sînt constituite din unitățile funcționale, cu armăturile și instalațiile auxiliare aferente. Automatizarea unui grup de funcțiuni trebuie să hotărască pornirea sau oprirea unei subgrupe și trebuie să dea pentru aceasta comenzile corespunzătoare către motoare, ventile, regulatoare. Structura automatizării tuturor grupelor de funcțiuni este aceeași și prin aceasta permite utilizarea principiului sistemului compus din casete standardizate „Bausteine". Condiţiile speciale ale unui grup de funcţiuni influenţează numai numărul de elemente şi legăturile între ele. Împărţirea întregii automatizări în grupe de funcţiuni independente permite o realizare descentralizată a automatizării. În afară de faptul că este uşor de supravegheat, mai are avantajul că deranjamentele automatizării se limitează numai la o parte din instalaţie şi au efecte reduse. De asemenea, este dată premisa pentru dezvoltarea în etape a automatizării.

Din punct de vedere constructiv, elementele sînt realizate ca unităţi demontabile ; pe partea frontală se găsesc lămpi de semnalizare, puncte de măsurare, clape de încercare şi automate de siguranţă .Pe un panou lat de 600 mm, lung de 800 mm şi înalt de 2250 mm, pot fi montate 36 elemente. Tensiunea de alimentare este de ± 24 V.

Întregul sistem cuprinde patru elemente standardizate pentru formarea şi supravegherea succesiunii comenzilor a trei elemente diferite de acţionare. Toate elementele lucrează fără contacte.

Adaptarea la sarcinile speciale ale automatizării unui anumit grup de funcţiuni se realizează prin legăturile exterioare ale elementelor. Programul de comandă este fixat prin legăturile semnalelor de poziţie şi de anumite valori-limită ale elementelor de blocare, prin repartizarea comenzilor asupra elementelor de acţionare şi prin selecţionarea timpilor de supraveghere şi aşteptare. Este de menţionat că, pe baza unui generator de frecvenţă şi a unui reglaj prealabil, pot fi realizate 27 temporizări diferite, între 1 şi 900 s.

a.m.

Kruk, M. T. ş.a. **Particularităţile pornirii cazanului TGM-84 la arderea păcurii.** Elektriceskie stanţii nr. 5, 1964, p. 2—7.

La încercările recente de ardere a păcurii într-un cazan de 420 t/h, 140 at, 570°C, s-au făcut următoarele constatări referitoare la faza de pornire :

1. La arderea păcurii, nivelul temperaturilor în anumite părţi ale supraîncălzitorului frontal de radiaţie este mai ridicat decît la arderea gazelor.

2. Elementele cele mai expuse sînt : ţevile curbate în jurul ambrazurilor din etajele 2 şi 3 pentru că sînt mai puternic radiate şi în acelaşi timp au rezistenţa mărită la scurgerea aburului şi suprafaţa mai mare.

La sarcina de 200 t/h, temperatura metalului a depăşit 600°C.

3. Pentru prevenirea arderii ţevilor s-au luat următoarele măsuri provizorii : acoperirea parţială cu cromit şi scoaterea capetelor injectoarelor cu 700 mm. După aplicarea acestor măsuri, s-a putut porni cazanul fără răcirea supraîncălzitorului cu abur străin.

4. Debitul de abur pentru răcirea supraîncălzitorului de circa 60 t/h prin conducta de Ø = 100 mm, la barbotor nu este suficient şi trebuie mărit.

5. Insuficienţa aerului prin ambrazur are ca efect apropierea flacării de ţevile supraîncălzitorului frontal şi deci mărirea riscului de ardere a ţevilor acestuia ; pentru evitarea acestui neajuns, este necesară menţinerea unei presiuni de 60—80 mm CA în faţa arzătorului.

6. Rezultate bune se obţin cu arzătoarele inferioare din etajele I şi II ; în cazul folosirii arzătoarelor superioare din etajele III şi IV are loc o condensare parţială în zona inferioară a ţevilor, ceea ce reduce circulaţia în unele ţevi ; pentru evitarea creşterii temperaturii trebuie să se dreneze periodic.

7. Neuniformitatea presiunii păcurii între cele şase arzătoare din acelaşi etaj este mare : 13 %.

8. Excesul de aer a putut fi coborît pînă la 1,07—1,08, dar mai jos nu.

9. Supraîncălzitorul convectiv este expus la înfundare intensă : după 1200 h, rezistenţa sa la scurgerea gazelor a crescut de la 58 mm CA la 242 mm CA.

Folosirea alicelor n-a dat rezultatele aşteptate : nici nu curăţă suficient şi, împreună cu cenuşa topită, formează depuneri rezistente.

10. Pentru prevenirea focarelor de aprindere în preîncălzitorul de aer, trebuie montate minimum trei termocuple pe raza rotorului.

11. Neajunsul cel mai grav al arderii păcurii la cazanele de 420 t/h constă în înfundarea suprafeţelor convective şi scăpările de aer în preîncălzitorul de aer, ceea ce limitează durata de funcţionare.

c.d.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

E 2039

Cuprinsul revistei „ENERGETICA"

vol. 12 (1964)

I. Articole de fond şi redacţionale

1. * * * Sarcini mărețe pentru energeticienii din ţara noastră în anul 1964, nr. 1, p. 1—2.
2. * * * A III-a Conferinţă pentru economia energetică în industrie, nr. 2, p. 65—68.
3. * * * Consfătuirea privind regimul apei la cazanele de abur din centralele electrice, nr. 4, p. 165—167.
4. *Gheorghiu, N.* : Mărețe realizări întîmpină a XX-a aniversare a eliberării Patriei, nr. 8, p. 349—351.
5. *Georgescu, A.* : Electrificarea ţării după 20 de ani de regim democrat-popular. Realizări şi perspective, nr. 8, p. 352—360.

II. Articole economice şi tehnico-organizatorice

1. *Borza, N.* şi *Hristoforov, A.* : Aplicarea tehnicii noi în proiectarea construcţiilor energetice, nr. 1, p. 12—21.
2. *Vicol, P.* : Tehnica nouă în construcţia şi montajul instalaţiilor energetice, nr. 1, p. 22—29.
3. *Matei, D.* : Criteriul tehnico-economic la alegerea surselor de iluminat electric, nr. 5, p. 233—236.
4. *Măcriş, A.* şi *Sterian, M.* : Industrializarea montajului staţiilor electrice în cadrul Trustului de construcţii şi montaje energetice, nr. 5, p. 237—243.
5. *Popovici, T.* : Progrese tehnice în sectorul de exploatare a energiei electrice, nr. 8, p. 419—424.
6. *Matyas, E.* : Pregătirea şi organizarea lucrărilor de inventariere şi reevaluare a fondurilor fixe, nr. 9, p. 457—460.
7. *Iftime, P.* şi *Roşca, P.* : Consideraţii şi realizări privind productivitatea muncii în sectorul energetic, nr. 9, p. 461 — 465.
8. *Nitu, V.*, *Brădescu, M.* şi *Costin, Em.* : Metode statistico-probabilistice în energetică, nr. 11, p. 549—562.

III. Energetică generală

1. *Cogălniceanu, A.* : Dezvoltarea energeticii în R.S.F. Iugoslavia, nr. 6, p. 289—295.
2. *Georgescu, A.* : Electrificarea ţării după 20 de ani de regim democrat-popular, nr. 8, p. 352—360.
3. *Stăncescu, I. D.* : Dezvoltarea termoficării, nr. 8, p. 401—410.
4. *Mihăileanu, C.* : Cercetări în cadrul sectorului energetic, nr. 8, p. 425—434.
5. *Georgescu, A.*, *Nitu, V.* şi *Burducea, C.* : Aspecte din energetica Angliei, nr. 12, p. 633—639.

IV. Termoenergetică

1. *Korneicev, A. I.* : Utilizarea puterii adiţionale a CET pentru acoperirea vîrfului de sarcină, nr. 3, p. 97—99.
2. *Dinulescu, C.* : Tipuri noi de arzătoare pentru arderea raţională a gazelor naturale şi a păcurii în cazanele de abur, nr. 3, p. 100—103.
3. *Ciuciuc, A.* : Rezultate obţinute la măcinarea ligniţilor cu moara-ventilator construită la CTE Doiceşti, nr. 3, p. 103—107.
4. *Negulescu, L.* : Condiţiile tehnice ale degazării apei de alimentare în vederea realizării indicilor prescrişi de instrucţiunile tehnice ISCIR, nr. 4, p. 168—172.
5. *Neuberger, G.* : Criterii privind noua redactare a cap. 16 din PET „Tratarea apei", nr. 4, p. 172—175.
6. *Stanisavlievici, L.* : Consideraţii asupra alegerii regenerantului pentru schimbătorii cationici în ciclul hidrogen, nr. 4, p. 176—181.

7. *Fendrihan, L.* : Prepararea hidratului de hidrazină din sulfat de hidrazină, nr. 4, p. 181—182.
8. *Ungureanu, Const.* : Aprecieri asupra metodelor de determinare a oxigenului din apă cu indigo-carmin şi cu săruri de ceriu, prin metoda fotometrică, nr. 4, p. 182—187.
9. *Suşman, C.* : Avarii provocate de regimul apei la un cazan de abur de 155 kgf/cm² şi 420 t/h, nr. 4, p. 188—192.
10. *Stanisavlievici, L.* : Regimul chimic al apei în treptele de concentraţie a cazanelor de înaltă presiune, nr. 4, p. 193—195.
11. *Zdrahal, M.* şi *Grigoriu, I.* : Cooperări între CET şi uzinele chimice pe linia recuperării condensatului şi apelor tratate, nr. 4, p. 196—202.
12. *Popovici, V.* : O reprezentare grafică nouă a ciclurilor termice, folosind diagrama $p - i$ cu izoterme şi adiabate rectilinii, nr. 5, p. 205—210.
13. *Iftime, P.* şi *Vilan, M.* : Despre comportarea în exploatare a unor oţeluri austenitice utilizate în construcţia capelor de generator şi unele măsuri necesare pentru prevenirea avariilor, nr. 5, p. 211—220.
14. *Schlotter, Fr.* : Aspecte privind posibilităţile de îmbunătăţire a instalaţiilor de condensaţie în centralele termoelectrice, nr. 6, p. 253—263.
15. *Ungureanu, Const.* : Mărirea eficacităţii spălării prin barbotaj a aburului în apa de alimentare, adăugînd apei de cazan amoniac, nr. 6, p. 263—266.
16. *Roşca, P.* şi *Iftime, P.* : Probleme privind limitele admisibile ale vibraţiilor agregatelor energetice, nr. 6, p. 284—289.
17. *Ferencz, A.* : Contribuţie la proiectarea şi îmbunătăţirea construcţiei etanşărilor cu labirinţi ale turbinelor cu abur, executaţi din lamele subţiri, nr. 7, p. 310—317.
18. *Ungureanu, C.*, *Barbu, V.*, *Bejan, I.*, *Theil, H.* şi *Ardelean, Z.* : Cercetări privind funcţionarea injectorului de 2" tip „Dinamo"-Timişoara, nr. 7, p. 318—324.
19. *Marcu, V.* şi *Vilan, M.* : Posibilităţi de aplicare în sectorul energetic a metalizării prin pulverizare, nr. 7, p. 325—330.
20. *Nitu, V.* : Progrese realizate în proiectarea şi execuţia centralelor termoelectrice, nr. 8, p. 373—380.
21. *Kraft, M.* şi *Moţoiu, C.* : Centrala termoelectrică Luduş, nr. 8, p. 381—392.
22. *Burducea, C.* şi *Curelaru, Al.* : Centrala electrică de termoficare Craiova, nr. 8, p. 392—400.
23. *Stăncescu, I. D.* : Dezvoltarea termoficării, nr. 8, p. 401—410.
24. *Golici, D.* : Unele rezultate privind funcţionarea turnurilor cu tiraj forţat în condiţiile R.P.R., nr. 9, 465—471.
25. *Nicolau, I.* : Reglarea automată a unei turbine cu abur, nr. 9, p. 472—476.
26. *Barbu, I.*, *Novac, C.* şi *Grigorescu, P.* : O importantă sursă secundară de energie — răcirea uscată a cocsului, nr. 9, p. 476—480.
27. *Chercea, Gh.* : Consecinţele cunoaşterii imperfecte a transmisiei de căldură în camerele de ardere ale cazanelor de abur care funcţionează pe gaz metan şi posibilitatea înlăturării lor, nr. 9, p. 480—482.
28. *Collino, A.*, *Ghitta, R.* şi *Vilan, M.* : Unele aspecte ale reparării şi întreţinerii motoarelor Diesel din centralele electrice, nr. 11, p. 580—587.
29. *Slăvescu, M.*, *Cosma, Gh.*, *Stoenescu, S.* : Cercetări asupra posibilităţilor de îmbunătăţire a randamentului ventilatoarelor centrifuge de mare putere, nr. 12, p. 610—618.

V. Electroenergetică

1. *Rotman, A.* şi *Cristescu, D.* : Metodă directă de calcu al defectelor nesimetrice, nr. 1, p. 39—44.
2. *Vîlciu, Cr.* şi *Ioniţă, G.* : Probleme de proiectare a instalaţiilor de iluminat din pieţe şi intersecţii, nr. 1, p. 44—57.
3. *Semlyén, A.* : Modelul de reţea de curent alternativ al Facultăţii de electrotehnică din Timişoara, nr. 3, p. 108—116.
4. *Negreanu, C.* : Normativ şi nomograme pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile în staţiile de transformare exterioare, nr. 3, p. 121—130.
5. *Rothman, A.* : Analogii electrice şi mecanice în legătură cu circuitul electric, nr. 5, p. 230—232.
6. *Matei, D.* : Criteriul tehnico-economic la alegerea surselor de iluminat electric, nr. 5, p. 233—236.
7. *Carabulea, A.* : Aspecte teoretice şi practice privind simetrizarea sistemelor electrice, nr. 6, p. 267—280.
8. *Friedmann, W.* : Instalaţii de automatizare din reţeaua de iluminat public a oraşului Bucureşti, nr. 6, p. 280—284.
9. *Constantinescu, E.* : Dezvoltarea instalaţiilor de transport şi distribuţie a energiei electrice, nr. 8, p. 411—418.
10. *Zimand, R.* : Relee-filtru de componente simetrice inverse, nr. 9, p. 482—487.
11. *Iliesi, Gh.* şi *Mateescu, T.* : Locator de defecte în cabluri prin metoda impulsurilor, nr. 9, p. 488—494.
12. *Groza, L.* : Evoluţii recente în folosirea maşinilor electronice de calcul în probleme de planificare a reţelelor, nr. 10, p. 502—506.
13. *Manea, Fl.*, *Ionescu, S.* şi *Popescu, D.* : Repartiţia optimă a puterilor între centrale. Influenţa diverselor moduri de considerare a pierderilor din reţele, nr. 10, p. 507—513.
14. *Chirculescu, N.* : Contribuţii la teoria optimizării regimurilor de funcţionare a sistemelor energetice, nr. 10, p. 514—520.
15. *Arie, E.* şi *Pomîrleanu, M.* : Rezolvarea pe calculatorul analogic MECAN-II a unei probleme de repartiţie optimă a sarcinilor între centrale, nr. 10, p. 520—525.
16. *Semlyén, A.* : Cu privire la repartiţia optimă a sarcinii între centrale şi agregate, nr. 10, p. 526—534.
17. *Semlyén, A.*, *Bucea, C.* şi *Crişan, O.* : Studii comparative privind determinarea repartiţiei optime a sarcinii pe centrale prin modelare, nr. 10, p. 534—538.
18. *Ionescu, S.*, *Agalidi, E.* şi *Martac, D.* : Repartiţia optimă a puterilor între centralele unui sistem energetic. Programe pentru calculatoarele cifrice, nr. 10, p. 538—544.
19. *Albert, H.* : Reducerea schemelor electrice utilizate în energetică, folosind calculatoarele numerice, nr. 11, p. 563—573.
20. *Chirculescu, N.* : Considerarea noţiunilor „tensiunii de referinţă" şi „nodului sau punctului de balansare" în calculele regimurilor reţelelor sistemelor electrice, nr. 11, p. 573—579.
21. *Constantinescu, E.* : Lucrările celei de-a 20-a sesiuni CIGRE, nr. 12, p. 597—603.
22. *Stein, M.*, *Bădescu, C.* şi *Călinescu, C.* : Consideraţii asupra schemelor principiale şi dispoziţiilor instalaţiilor electrice în centralele electrice industriale, nr. 12, p. 604—610.

VI. Hidroenergetică

1. *Sipiceanu, M.* şi *Prişcu, R.* : Uzina hidroelectrică „16 Februarie"-Argeş, nr. 1, p. 3—12.
2. *Radu, S. N.* : Probleme de exploatare la o centrală hidroelectrică cu acumulare mare şi derivaţie, nr. 5, p. 220—230.
3. *Pavel, D.* : Contribuţie la alegerea metodelor de dimensionare a turbinelor hidraulice, nr. 7, p. 301—310.
4. *Groza, O.* şi *Cogălniceanu, A.* : Dezvoltarea hidroenergeticii, nr. 8, p. 361—372.
5. *Gilbert, A.* şi *Rusmănică, I.* : Construcţia lucrărilor hidroenergetice, nr. 8, p. 435—445.

VII. Energetică industrială

1. *Gayraud, J.*, *Moldoveanu, N.* şi *Nagy, C.* : Prezentarea unui sistem coerent de indicatori de consum specific de energie, nr. 2, p. 68—77.
2. *Caracudovici, V.* şi *Dorfman, E.* : Contribuţii la normarea consumurilor specifice de energie în cazul producţiilor neomogene, nr. 2, p. 77—81.
3. *Marcu, B.*, *Mihail, E.*, *Palade, I.* şi *Donos, A.* : Compensarea vîrfului de sarcină în industria cimentului, nr. 2, p. 82—87.
4. *Pănoiu, N.*, *Singer, G.*, *Carabogdan, I.*, *Crăciuneanu, C.* şi *Schwartz, M.* : Stadiul actual al dezvoltării în R.P.R. a cazanelor industriale pentru arderea combustibililor inferiori şi a unor deşeuri industriale, nr. 2, p. 88—96.

5. *Pimsner, V.* : Probleme energetice ale asigurării debitelor de gaze naturale necesare consumatorilor industriali, nr. 2, p. 97—101.
6. *Antonescu, N.* : Funcționarea cazanelor cu inerție termică mică în exploatarea industrială și energetică, nr. 2, p. 102—106.
7. *Marcu, B.* : Gospodărirea judicioasă a combustibililor și energiei electrice, nr. 8, p. 452—456.
8. *Barbu, I.*, *Novac, C.* și *Grigorescu, P.* : O importantă sursă secundară de energie : răcirea uscată a cocsului, nr. 9, p. 476—480.

VIII. Energetică nucleară

1. *Wlezek, C.* și *Florescu, A.* : Amplasarea centralelor nuclearoelectrice, nr. 1, p. 30—38.

IX. Construcții și montaj

1. *Vicol, P.* : Tehnica nouă în construcția și montajul instalațiilor energetice, nr. 1, p. 22—29.
2. *Filitti, D.* : Metode noi în montajul centralelor electrice, nr. 3, p. 117—121.
3. *Măcriș, A.* și *Sterian, M.* : Industrializarea montajului stațiilor electrice în cadrul Trustului de construcții și montaje energetice, nr. 5, p. 237—243.
4. *Centea, O.* și *Forje, Al.* : Aspecte ale organizării lucrărilor de tratamente termice ale sudurilor de montaj în construcția de centrale termoelectrice cu parametri de funcționare ridicați, nr. 7, p. 331—335.
5. *Vicol, P.* : Din realizările sectorului de construcții și montaje energetice, nr. 8, p. 445—451.
6. *Măcriș, A.* : Lărgirea domeniului de utilizare a podurilor rulante la montajul centralelor termoelectrice, nr. 12, p. 619—627.

X. În ajutorul exploatării

1. *Dragomir, R.* : Controlul fluajului în centralele termoelectrice, nr. 7, p. 335—339.
2. *Neuberger, G.* : Criterii privind noua redactare a cap. 16 din PET „Tratarea apei", nr. 4, p. 172—175.

XI. Din exploatare

1. *Krauss, H.* : Spălarea acidă a cazanelor mari, nr. 3, p. 131—134.
2. *Nicu, Vl.* : Un caz particular de variație a consumului specific de combustibil pentru producerea căldurii, nr. 5, p. 243—245.
3. *Gheorghiu, I.* : Metodă practică pentru identificarea defectelor de izolație pe liniile de înaltă tensiune cu neutrul legat la pămînt, nr. 7, p. 340—344.
4. *Satrapeli, T.* : Aspecte privind realizarea și exploatarea schemelor protecției maximale direcționale, nr. 9, p. 494—496.
5. *Lăzărescu, E.* : Depunerile de chiciură pe liniile electrice aeriene și pe liniile telefonice din regiunea Iași, în perioada 1960—1964, nr. 12, p. 627—629.

XII. Pentru tînărul inginer

1. *Adămuț, I.* și *Petcu, M.* : Contaminarea izolației, nr. 3, p. 135—138.
2. *Mark, D.* : Domeniul de utilizare și calculul rezistenței prizelor naturale ale stîlpilor liniilor electrice aeriene, nr. 12, p. 629—632.

XIII. Energetica peste hotare

1. *Măcriș, A.* : Mecanizarea construcțiilor liniilor aeriene de energie electrică în U.R.S.S., nr. 3, p. 139—140.
2. *Cogălniceanu, A.* : Dezvoltarea energeticii în R.S.F. Iugoslavia, nr. 6, p. 289—295.
3. *Constantinescu, E.* : Lucrările celei de-a 20-a sesiuni CIGRE, nr. 12, p. 597—603.
4. *Georgescu, A.*, *Nitu, V.* și *Burducea, C.* : Aspecte din energetica Angliei, nr. 12, p. 633—639.

INDEX ALFABETIC

Adămuț, I., XII, 1.
Agalidi, E., V, 18.
Albert, H., V, 19.
Antonescu, N., VII, 6.
Ardelean, Z., IV, 18.
Arie, E., V, 15.
Barbu, I., IV, 26; VII, 8.
Barbu, V., IV, 18.
Bădescu, C., V, 22.
Bejan, I., IV, 18.
Borza, N., II, 1.
Brădescu, M., II, 8.
Bucea, C., V, 17.
Burducea, C., III, 5; IV, 22; XII, 4.
Carabogdan, I., VII, 4.
Carabulea, A., V, 7.
Caracudovici, V., VII, 2.
Călinescu, C., V, 22.
Centea, O., IX, 4.
Chercea, Gh., IV, 27.
Chirculescu, N., V, 14, 20.
Ciuciuc, A., IV, 3.
Cogălniceanu, A., III, 1; VI, 4; XIII, 2.
Collino, A., IV, 28.
Constantinescu, E., V, 9, 21; XIII, 3.
Cosma, Gh., IV, 29.
Costin, Em., II, 8.
Crăciuneanu, C., VII, 4.
Cristescu, D., V, 1.
Crișan, O., V, 17.
Curelaru, Al., IV, 22.
Dinulescu, C., IV, 2.
Donos, A., VII. 3.
Dorfman, E., VII, 2.
Dragomir, R., X, 1.
Fendrihan, L., IV, 7.
Ferencz, A., IV, 17.
Filitti, D., IX, 2.
Florescu, A., VIII, 1.
Forje, Al., IX, 4.
Friedmann, W., V., 8.
Gayraud, J., VII, 1.
Georgescu, A., I, 5; III, 2, 5; XIII, 4.
Gheorghiu, I., XI, 3.
Gheorghiu, N., I, 4.
Ghitta, R., IV, 28.
Gilbert, A., VI, 6.
Golici, D., IV, 24.
Grigorescu, P., IV, 26; VII, 8.
Grigoriu, I., IV, 11.
Groza, L., V, 12.
Groza, O., VI, 4.
Hristoforov, A., II, 1.
Iftime, P., II, 7; IV, 13; 16.
Iliesi, Gh., V, 11.
Ioniță, G., V, 2.
Ionescu, S., V, 13, 18.
Korneicev, A. I., IV, 1.
Kraft, M., IV, 21.
Krauss, H., XI, 1.
Lăzărescu, E. XI, 5.
Manea, F., V, 13.
Marcu, B., VII, 7.
Marcu, V., IV, 19.
Mark, D., XII, 2.
Martac, D., V, 18.
Mateescu, T., V, 11.
Matei, D., II, 4; V, 6.
Matyas, E., II, 6.
Măcriș, A., II, 4; IX, 3, 6; XIII, 1.
Mihail, E., VII, 3.
Mihăileanu, C., III, 4.
Moldoveanu, N., VII, 1.
Moțoiu, C., IV, 21.
Nagy, C., VII, 1.
Negreanu, C., V, 4.
Neyulescu, L., IV, 4.
Neuberger, G., IV, 5; X, 2.
Nicolau, I., IV, 25.
Nicu, Vl., XI, 2.
Nitu, V., III, 5; IV, 20; XIII, 4.
Novac, C., IV, 26; VII, 8.
Palade, I., VII, 3.
Pavel, D., VI, 3.
Pănoiu, N., VII, 4.
Pimsner, V,, VII, 5.
Pomîrleanu, M., V, 15.
Popescu, D., V, 13.
Popovici, T., II, 5.
Popovici V., IV, 12.
Prișcu, R., VI, 1.
Radu, S. N., VI, 2.
Roșca, P., II, 7; IV, 16.
Rothman, A., V, 1; V, 5.
Rusmănică, I., VI, 6.
Satrapeli, T., XI, 4.
Semlyén, A., V, 3, 16, 17.
Schlotter, Fr., IV, 14.
Schwartz, M., VII, 4.
Singer, G., VII, 4.
Sipiceanu, M., VI, 1.
Slăvescu, M., IV, 29.
Stanisavlievici, L., IV, 6, 10.
Stăncescu, I. D., III, 3; IV, 23.
Stein, M., V, 22.
Sterian, M., II, 4; IX, 3.
Stoenescu, S., IV, 29.
Sușman, C., IV, 9.
Theil, H., IV, 18.
Ungureanu, Const., IV, 8, 15.
Ungureanu, C., IV, 18.
Vicol, P., II, 2; IX, 1, 5.
Vilan, M., IV, 13, 18, 28.
Vîlciu, Cr., V, 2.
Wlezek, C., VIII, 1.
Zdrahal, M., IV, 11.
Zimand, R., V, 10.

I.P.I. — c. 4496

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

СОДЕРЖАНИЕ

DK 621.311.1.027.3 (063) (100) CIGRE

Константинеску, Е. **Работы XX сессии Международной Конференции Крупных Электросетей.**

Energetica 12 (1964), No. 12, срт. 597—603

DK 621.311.16/17

Штейн, М., Бэдеску, К. и *Кэлинеску, К.* **Об основных схемах и размещении электрооборудования на промышленных электростанциях.**

Рассматриваются решения электрических схем и конструктивное размещение промышленных электростанций малой и средней мощности. Авторы особо останавливаются на возможностях расширения этих станций с максимальным сокращением издержек связанных с капиталовложениями.

Energetica 12 (1964), No 12, стр. 604—610

DK 621.34 : 621.63.001.29

Слэвеску, М., Косма, Г. и *Стоенеску, С.* **Исследования возможностей усовершенствования к.п.д. высокомощных центрифугальных вентиляторов.**

Описываются результаты теоретических и лабораторных исследований по определению конструктивных элементов, необходимых для получения высоких к.п.д. на высокомощных вентиляторах.

Energetica 12 (1964), No. 11, стр. 610—618

DK 621.34 : 624.85

Мэкриш, А. **Расширение области применения мостовых кранов при монтаже электрических станций.**

Energetica 12 (1964), No. 12, стр. 619—627

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

DK 621.315.1 (498.31)

Лэзэреску, Е. **Отложения и наледь на воздушных линиях электропередачи и на телефонных линиях в Ясской овласти за период 1960—1964 гг.**

Energetica 12 (1964), No. 11, стр. 627—629

РАЗДЕЛ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

DK 621.315.1.027.3/7 : 621.316.993

Марк Д. **Область применения и расчет сопротивления естественных заземлений для опор линий воздушной электропередачи**

Energetica 12 (1964), No. 12, стр. 629—632

ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

DK 621.311.1. (42)

Джорджеску, А., Нииту, В. и *Бурдуча, К.* **Энергетика в Англии**

Energetica 12 (1964), No. 12, стр. 633—639

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.1.027.3.(103) (100) CIGRE

Constantinescu, E. **Die Arbeiten der 20. Tagung der Internationalen Konferenz der grossen elektrischen Netze (CIGRE)**

Energetica 12 (1964), H. 12, S. 597—603

DK 621.311.16/17

Stein, M., Bădescu, C. und *Călinescu, C.* **Grundsätzliche Betrachtungen über Schaltbilder und Disposition elektrischer Anlagen in Industriekraftwerken**

Es werden Lösungen für elektrische Schaltbilder und räumliche Disposition von Industriekraftwerken kleiner bis mittlerer Leistung dargestellt. Dabei wird im besonderen auf die Ausbaumöglichkeiten dieser Kraftwerke, bei gleichzeitiger Verringerung der ursprünglichen spezifischen Investionskosten eingegangen.

Energetica 12 (1964), H. 12, S. 604—610

DK 621.34 : 621.63.001.29

Slăvescu, M. Cosma, Gh. und *Stoenescu, S.* **Untersuchung der Möglichkeiten, den Wirksamkeitsgrad von Ventilatoren grosser Leistung zu verbessern**

Darlegung der Ergebnisse von theoretischen und von Laboruntersuchungen zur Bestimmung der für Erzielung erhöhter Wirksamkeisgrade erforderlicher Bauelemente für zentrifugale Ventilatoren grosser Leistung.

Energetica 12 (1964), H. 12, S. 610—618

DK 621.34 : 624.85

Măcriş, A. **Ausweitung des Anwendungsgebiets von Brückenkränen bei Montage von Kraftwerken**

Energetica 12 (1964), H. 12, S. 619—627

AUS DEN BETRIEBEN

DK 621.315. 1 (498.31)

Lăzărescu, E. **Rauhreifniederschläge auf Hochspannungs- und Fernsprechleitungen der Region Iaşi in den Jahren 1960—1964**

Energetica 12 (1964), H. 12, S. 627—629

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621.315.027.3/7 : 621.316.993

Mark, D. **Anwendungsbereich natürlicher Erdungen bei Masten von Freileitungen und Berechnung des Erdunswiderstands**

8

Energetica 12 (1964), H. 12, S. 629—630

ENERGIEWIRTSCHAFT DES AUSLANDS

DK 621.311.1. (42)

Georgescu, A., Nitu, V. und *Burducea, C.* **Merkmale der Energiewirtschaft Englands**

Energetica 12 (1964), H. 12, S. 633—639

SOMMAIRE

CD 621.311.1.027.3 (063) (100) CIGRE 597–603

Constantinescu, E. **Les travaux de la 20-ème Session de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 597–603

CD 621.311.16/17

Stein, M., Bădescu, C. et *Călinescu, C.* **Considérations sur les schémas de principe et la disposition des installations électriques dans les centrales électriques industrielles**

Les auteurs présentent les solutions adoptées pour les schémas électriques et la disposition des installations électriques dans les centrales industrielles de basse et moyenne puissance. Ils insistent sur les possibilités d'extension présentées par ces centrales, les investissements initiaux étant réduits au minimum.

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 604–610

CD 621.34 : 621.63.001.29

Slăvescu, M., Cosma, Gh. et *Stoenescu, S.*: **Recherches faites sur les possibilités d'amélioration du rendement des ventilateurs centrifuges de grande puissance**

Les auteurs décrivent les résultats de quelques recherches théoriques et de laboratoire pour déterminer les éléments constructifs nécessaires pour obtenir des rendements supérieurs des ventilateurs de grande puissance.

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 610–618

CD 621.34 : 624.85

Măcriş, A. **L'extension du domaine d'utilisation des ponts roulants dans le montage des centrales électriques**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 619–627

DE L'EXPLOITATION

CD 621.515.1 (498.31)

Lăzărescu, E. **Dépôts de givres sur les lignes électriques aériennes et les lignes de télécommunications de la région Iaşi pendant la période 1960–1964.**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 627–629

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CD 621.315.1.027.3/7 : 621.316.993

Mark, D. **Domaine d'utilisation des prises naturelles des supports de lignes électriques aériennes. Calcul des résistances**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 629–632

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

CD 621. 311. 1 (42)

Georgescu, A., Nitu, V. et *Burducea, C.* **L'énergétique en Grande Bretagne**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 633–639

CONTENTS

DC 621.311.1.027.3 (063) (100) CIGRE

Constantinescu, E. **Proceedings of the 20-th Session of the CIGRE**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 597–603

DC 621.311.16/17

Stein, M., Bădescu, C. and *Călinescu, C.* **Reflections about schemes and arrangement of electrical equipment power in industrial stations**

The authors discuss the solutions adopted for the schematic diagrams and arrangement in industrial power stations, rated at low and medium power. They underline the possibility to extend these stations while keeping low initial investments.

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 604–610

DC 621.34.621.63.001.29

Slăvescu, M., Cosma, Gh. and *Stoenescu, S.* **Investigations on the possibilities of improving the efficiency of high power fans**

Some theoretic and laboratory researches and their results for determining the constructive elements required to improve the efficiency of high power centrifugals fans, are mentioned in this article.

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 610–618

DC 621.34 : 624.85

Măcriş, A. **Larger application of travelling cranes in the erection of power stations**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 619–627

FROM THE EXPLOITATION

DC 621.315.1 (498.31)

Lăzărescu, E. **Ice deposits on overhead lines and telecommunication lines in the region of Iaşi during 1960–1964**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 627–629

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621.315.1.027.3/7: 621.316.993

Mark, D. **Range of utilisation for natural earthings of overhead line towers. Resistance analysis**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 629–632

ENERGETICS ABROAD

DC 621.311.1 (42)

Georgescu, A., Nitu, V. and *Burducea, C.* **Energetics in Great Britain**

Energetica 12 (1964), no. 12, p. 633–639

Elektrim

VĂ OFERĂ:

- echipamente pentru centrale electrice şi echipamente termotehnice
- maşini electrice de curent alternativ trifazic şi monofazic
- transformatoare
- aparataj electric de joasă şi înaltă tensiune
- echipamente complete de distribuţie de joasă şi înaltă tensiune
- echipamente şi accesorii pentru tracţiune electrică
- echipamente teletehnice şi radiotehnice

- instrumente de măsură electrice şi electronice
- echipamente pentru tehnică nucleară
- material de instalaţii şi iluminat
- acumulatoare
- echipamente electrice pentru mine

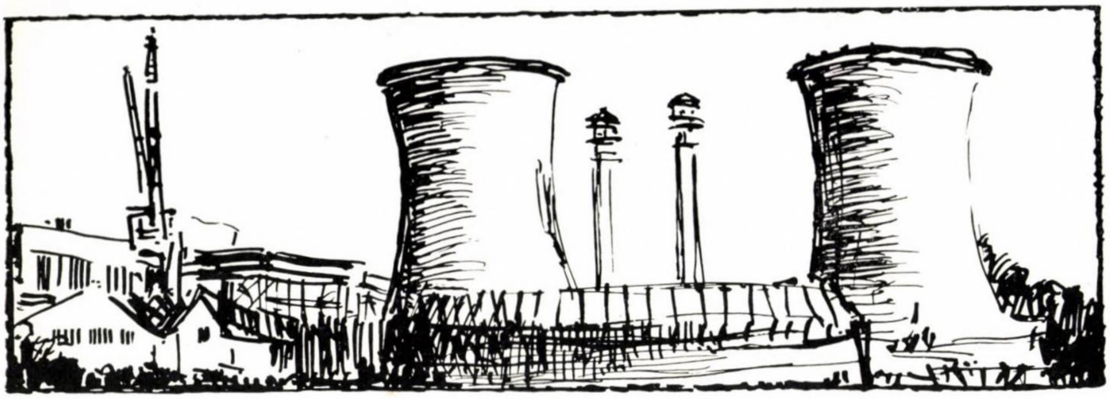
Elektrim

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU COMERŢ EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTRIC

ELEKTRIM

VARŞOVIA — POLONIA
STR. CZACKIEGE 15/17
CĂSUŢA POŞTALĂ: 638 ● TELEX: 81—347

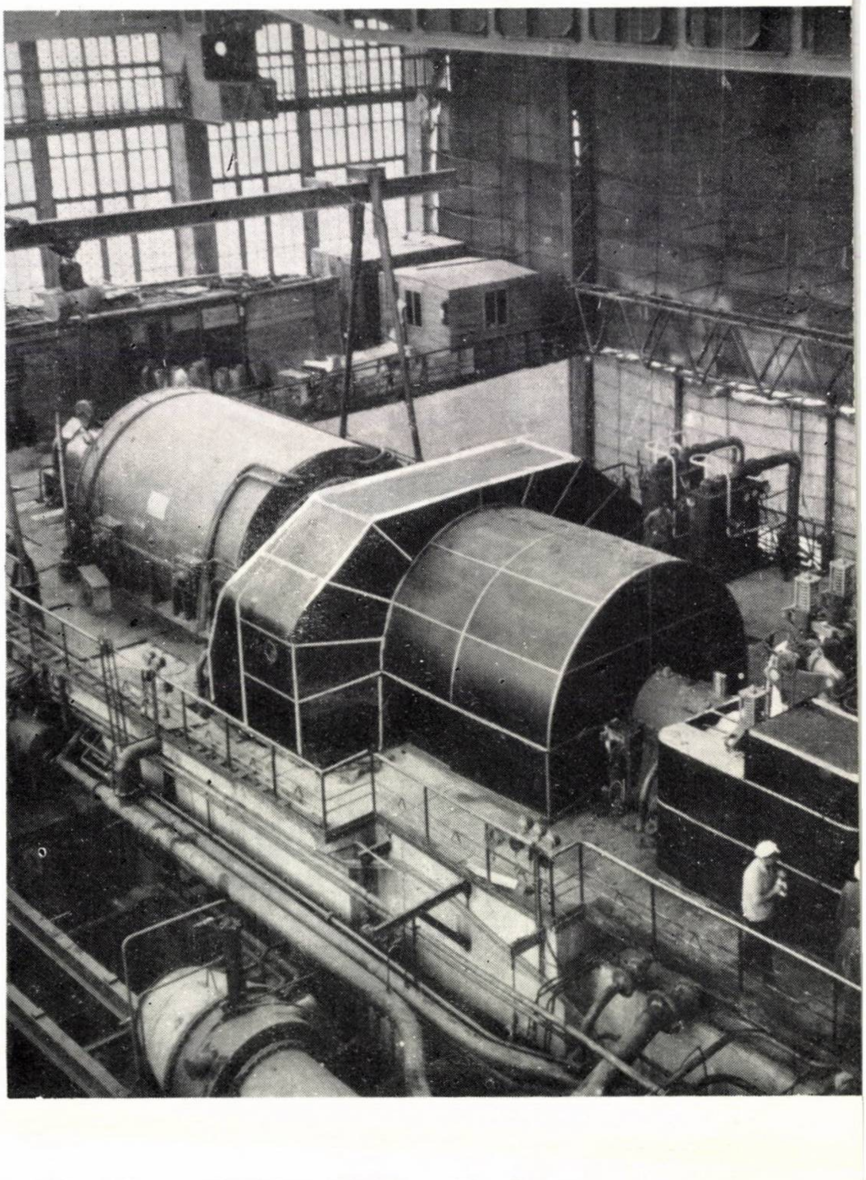


INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE BUCUREȘTI

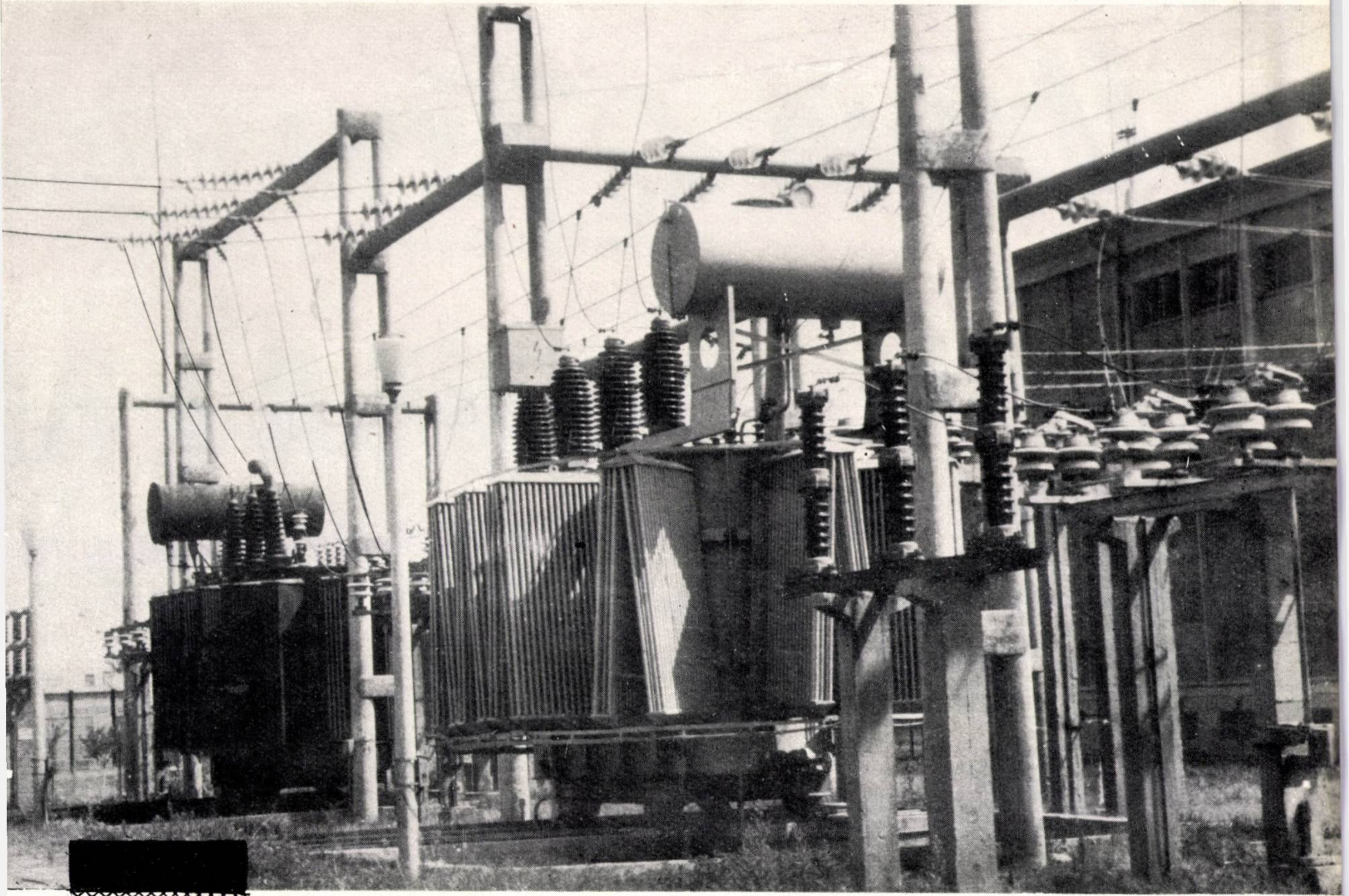
Angajează:

ingineri, tehnicieni și
maiștri energeticieni
cu domiciliul stabil
în orașul București,
pentru centralele sale din:

- GROZĂVEȘTI
- 23 AUGUST
- FILARET
- VITAN

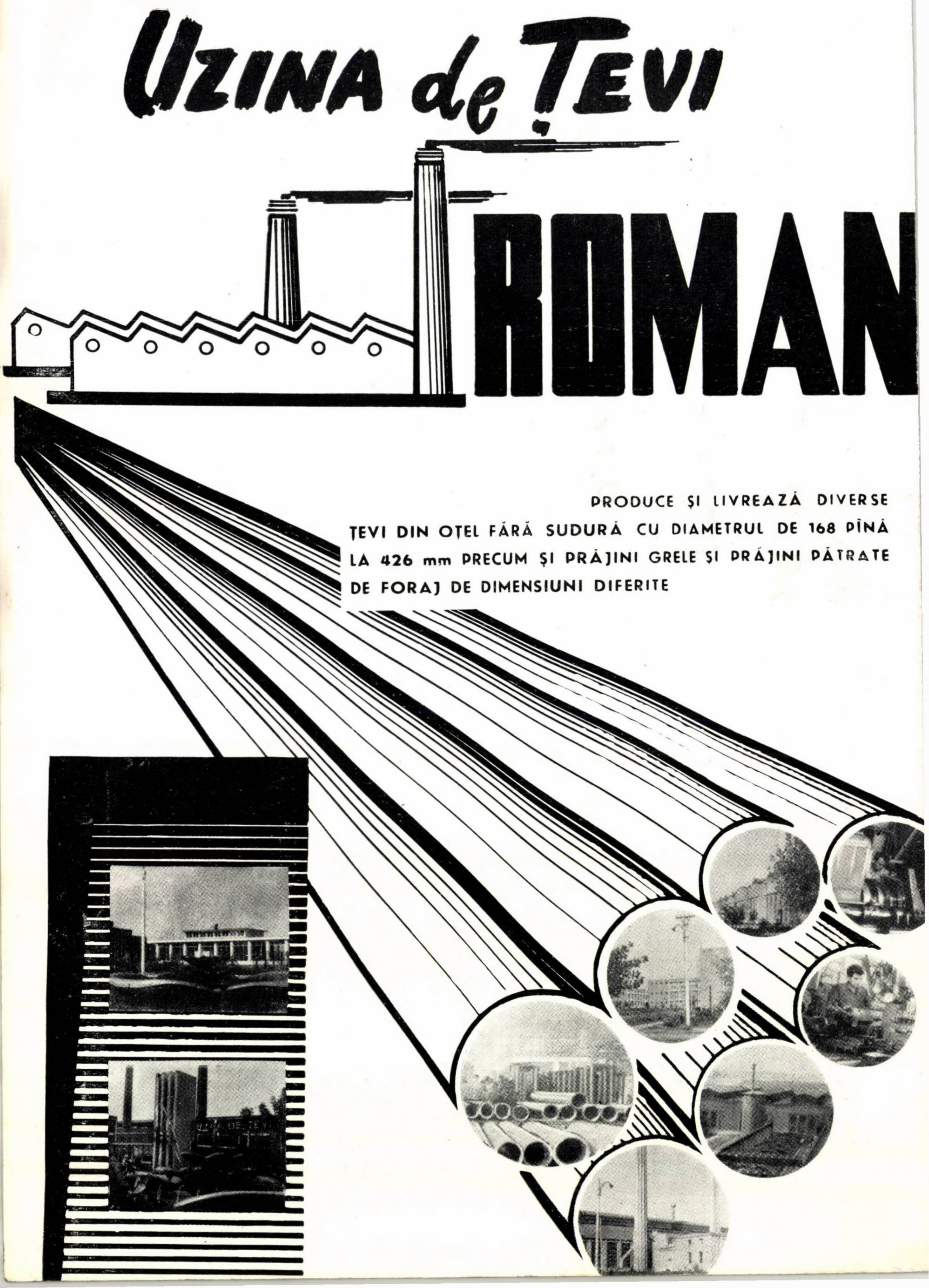


I. E. C. — BUCUREȘTI SPL. INDEPENDENȚEI NR. 229 TELEFON 13.08.32 — 33 — 34



STAȚIA DE TRANSFORMARE 110 kV — GALAȚI

I.R.E. GALAȚI

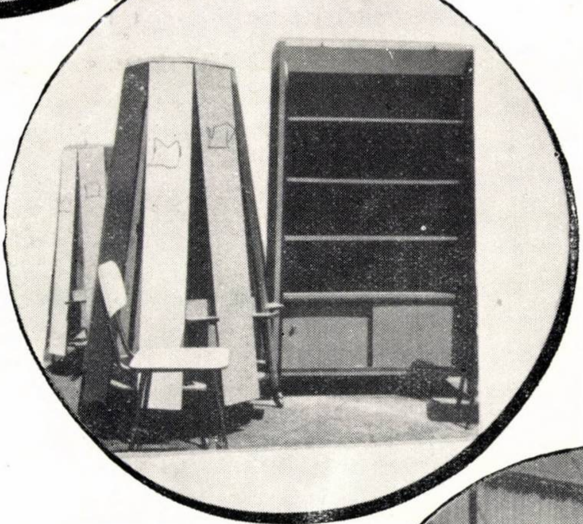

UZINA de ȚEVI
ROMAN

PRODUCE ȘI LIVREAZĂ DIVERSE ȚEVI DIN OȚEL FĂRĂ SUDURĂ CU DIAMETRUL DE 168 PÎNĂ LA 426 mm PRECUM ȘI PRĂJINI GRELE ȘI PRĂJINI PĂTRATE DE FORAJ DE DIMENSIUNI DIFERITE

INTREPRINDEREA DE INDUSTRIE LOCALĂ ORĂȘENEASCĂ GALAȚI

Produce şi livrează:

MOBILIER PENTRU CINEMATOGRAF

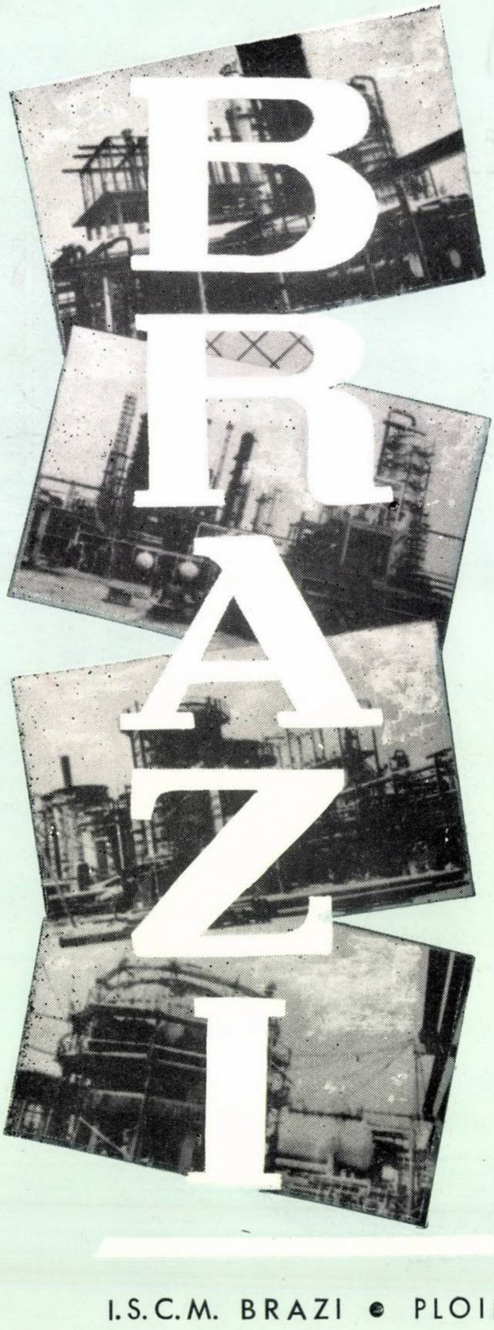


MOBILIER LABORATOARE ȘCOLARE

MOBILIER TERASĂ

GALAȚI ● STR. BALABAN NR. 11 ● TELEFON 25.90

ÎNTREPRINDEREA ȘANTIER CONSTRUCȚII MONTAJ BRAZI



execută

lucrări de construcții

- GENIU CIVIL
- MONTAJE INDUSTRIALE

pentru instalații tehnologice de:

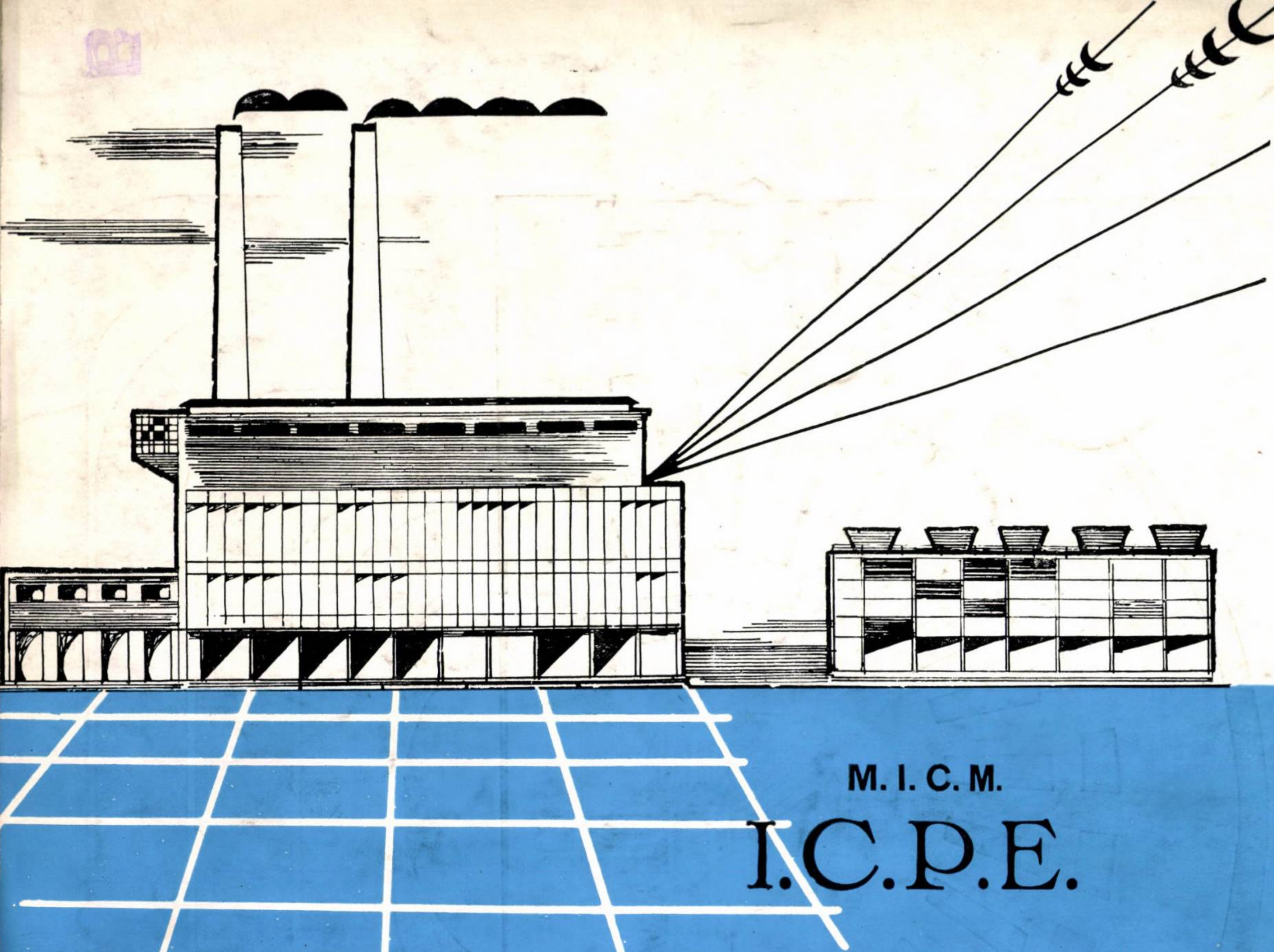
- RAFINARE
- CHIMIE ANORGANICĂ
- PETROCHIMIE

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

I.S.C.M. BRAZI • PLOIEȘTI • TEL. 14940 — 41 — 42 — 16781 — 15886

irme

contribuie la ridicarea nivelului de exploatare
și la introducerea automatizărilor în instalațiile
de cazane din centralele electrice



M. I. C. M.

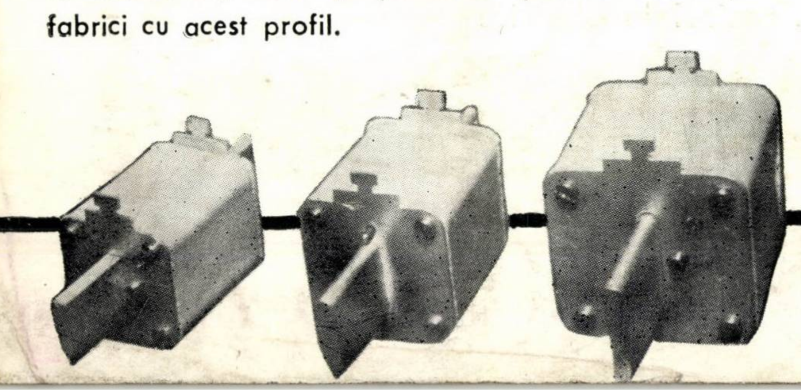
I.C.P.E.

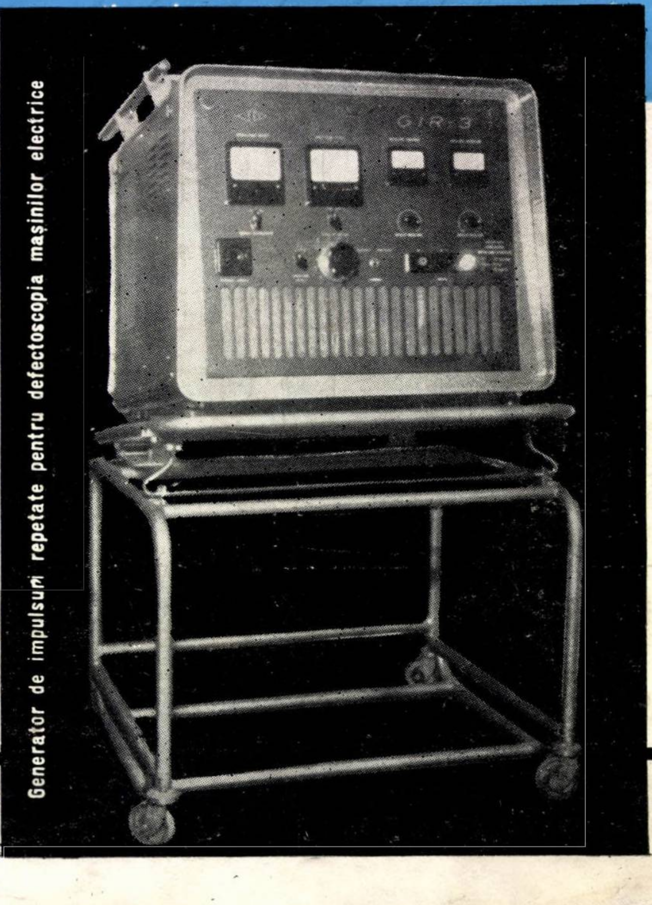
INSTITUTUL DE CERCETARE ȘI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

BUCUREȘTI, BD. T. VLADIMIRESCU 45
TELEFON 16.41.40 — 16.41.48

primește comenzi de cercetare și proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din țară.

Institutul execută studii, încercări, omologări și execuții de prototipuri din domeniul mașinilor și transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă și înaltă tensiune, acționărilor electrice, schemelor complexe electrice și electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu mașini electronice, materialelor electrotehnice, cum și proiectări pentru uzine și fabrici cu acest profil.





Generator de impulsuri repetate pentru defectoscopia mașinilor electrice